



TESIS- SF092006

3D SEISMIC TOMOGRAPHY IMAGING OF TAIWAN SUBSTRUCTURE

SUSI ANGGRAINI DIAH NINGRUM
NRP 1113201028

SUPERVISOR
Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U

MAGISTER PROGRAM
STUDY ON GEOPHYSICS
DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



TESIS- SF092006

PENCITRAAN TOMOGRAFI SEISMIC 3D BAWAH PERMUKAAN WILAYAH TAIWAN

SUSI ANGGRAINI DIAH NINGRUM
NRP 1113201028

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :
Susi Anggraini Diah Ningrum
NRP. 1113201028

Tanggal Ujian : 25 Juni 2015
Periode Wisuda : September 2015

Disetujui oleh :

1. Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, SU
NIP: 19620802 198701 1 001

(Pembimbing)

2. Dr. rer-nat. Eko Minarto, M.Si
NIP: 19750205 199903 1 004

(Penguji)

3. Dr. Bintoro Anang Subagyo, M.Si
NIP: 19790716 200501 1 002

(Penguji)



Prof. Dr. H. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP: 19630405 199002 1 001

3D SEISMIC TOMOGRAPHY IMAGING OF TAIWAN SUBSTRUCTURE

By : Susi Anggraini Diah Ningrum

Student Identity Number: 1113201028

Supervisor

: Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U

ABSTRACT

Taiwan has a high rate of crustal deformation and a strong seismic activity, and many disastrous earthquakes occurred in the past. In the 20th century, disastrous earthquakes in this region have caused great damage to properties, as well as to human lives. With large number of earthquakes in and around Taiwan, it is thus important to analyze the seismic velocity structures beneath Taiwan Island to recognize background seismicity in the Taiwan region for the purposes of future earthquake hazard evaluation. Seismic tomography is an imaging technique that uses seismic waves generated by earthquakes and explosions to create computer-generated, three-dimensional images of Earth's interior. Tomography images show the detail of velocity structure under Taiwan. The seismograms used in this study are recorded by Broadband Array in Taiwan for Seismology (TW) network; it has a total of 7 stations. Between January 2009 and December 2010 there are 98 events that has magnitude greater than 4.7. The data processing steps of seismic tomography are picking of P and S wave using SeisGram2K60, hypocenter relocation using Hypo71, and tomography inversion using LOTOS-12. Along the Ryuku trench is dominated by positive anomaly of V_p and high structure of V_p/V_s that indicates the high seismicity in this region. Negative anomaly and high seismicity in the Central Range related to active fault zone, Lishan Fault. This feature might have resulted from the heat intrusion from the oceanic upper mantle of the Philippine Sea plate. Neogene sedimentary rocks in the Western Foothills are characterized by anomaly negative of V_p and V_s , and low structure of V_p/V_s .

Key words: Earthquake, Taiwan, Tomography Seismic.

PENCITRAAN TOMOGRAFI SEISMIK 3D BAWAH PERMUKAAN WILAYAH TAIWAN

Nama Mahasiswa : Susi Anggraini Diah Ningrum
NRP : 1113201028

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U

ABSTRAK

Taiwan merupakan negara yang memiliki tingkat deformasi kerak bumi yang cukup tinggi dan aktivitas kegempaan yang kuat. Pada abad ke-20, bencana gempabumi di Taiwan menyebabkan kerusakan yang sangat besar dan sangat mempengaruhi kehidupan masyarakat. Dengan jumlah gempabumi yang sangat banyak di Taiwan, maka diperlukan analisa struktur kecepatan gempa untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan bumi yang memiliki geologi kompleks. Sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak dari gempabumi dimasa yang akan datang. Metode tomografi seismik merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengungkap citra struktur bawah permukaan bumi menggunakan gelombang gempa bumi. Penerapan metode tomografi seismik di wilayah Taiwan diharapkan dapat memberikan gambaran bawah permukaan secara lebih rinci. Data gempa yang digunakan adalah data yang terekam oleh 7 stasiun pada jaringan *Broadband Array in Taiwan for Seismology* (TW). Jumlah gempa dengan kekuatan > 4.7 yang terekam selama rentang waktu 1 Januari 2009 – 31 Desember 2010 sebanyak 98 kejadian. Tahapan penelitian terdiri dari *picking* gelombang P dan gelombang S menggunakan *software* SeisGram2K60, relokasi hiposenter gempa dilakukan menggunakan *software* Hypo71, dan inversi tomografi dengan *software* LOTOS-12. Hasil pengolahan data struktur Vp dan struktur Vp/Vs menunjukkan kesamaan dengan penelitian sebelumnya. Sepanjang Palung Ryuku didominasi dengan anomali positif Vp dan struktur Vp/Vs tinggi yang mengindikasikan bahwa daerah ini memiliki seismisitas yang cukup tinggi. Anomali negatif serta tingkat seismisitas yang cukup tinggi di Central Range berhubungan dengan zona patahan aktif, yaitu Patahan Lishan. Anomali negatif ini juga mungkin dihasilkan dari intrusi panas dari mantel samudera atas dari Lempeng Laut Filipina. Anomali negatif Vp dan Vs serta struktur Vp/Vs menunjukkan bahwa daerah Western Foothills tersusun atas batuan sedimen Neogen.

Kata kunci : Gempabumi, Taiwan, Tomografi Seismik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul *“Pencitraan Tomografi Seismik 3D Bawah Permukaan Wilayah Taiwan”*, sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program strata dua (S2) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, SU., selaku Dosen Pembimbing tesis dan Dosen wali yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan dalam penulisan tesis ini;
2. Dr. rer-nat Eko Minarto, M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Dr. Bintoro Anang Subagyo, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan, kritik dan saran demi kesempurnaan tesis ini;
3. Seluruh staf pengajar Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember juga Pak Kiswanto selaku staff laboratorium Geofisika yang telah memberikan dukungan dan saran dalam mengerjakan tesis.
4. Dr. Ivan Kaulakov selaku pembuat perangkat lunak LOTOS-12 Institut of Petroleum Geology dan Geophysics, Russia yang telah bersedia berdiskusi dan memberikan saran hingga tesis ini selesai.
5. Suamiku tercinta Lettu (P) Habib Hadyantoro, anakku tersayang Nabil Fayadh Hadyantoro, Ibunda tersayang, Bapak, Ayah dan Ibu mertua, Mas Susilo Hadi Utomo dan Mbak Lilik Indrawati yang telah mendoakan dan memberikan semangat dalam penyelesaian tesis.
6. Teman-teman Laboratorium Geofisika, Pak Arif, Arya, Indrawati, Mbak Nisa, Diah, dan teman-teman pascasarjana fisika yang telah memberikan perhatian, doa dan semangat dalam menyelesaikan tesis.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sitematika Penulisan	3
 BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	 5
2.1 Struktur Geologi Taiwan	5
2.2 Gelombang Seismik	8
2.2.1 Gelombang Badan	9
2.2.2 Gelombang Permukaan	10
2.3 Hubungan Sifat Medium Batuan dengan Kecepatan Gelombang P dan S	10
2.4 Penentuan Hiposenter	12
2.5 Tomografi Seismik	14
2.6 Tomografi Seismik dengan <i>Local Tomography Software</i> (LOTOS-12)	15
2.6.1 Algoritma untuk Optimasi Kecepatan 1D dan Lokasi Awal Sumber	16
2.6.2 <i>Bending Algorithm</i> untuk <i>Ray Tracing</i> dalam Model Kecepatan 3D	17
2.6.3 Iterasi Inversi Tomografi	19
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	 21
3.1 Alat	21
3.2 Data Penelitian	21
3.3 Prosedur Penelitian	22
3.3.1 Studi Literatur	22
3.3.2 <i>Picking Data</i>	22
3.3.3 Relokasi Hiposenter	22
3.3.4 Inversi Tomografi dengan LOTOS-12	23
3.4 Rancangan Penelitian	26

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pengolahan Data.....	27
4.1.1 Penentuan Identitas Kejadian Gempa dengan Seisgram...	27
4.1.2 Relokasi Hiposenter Menggunakan Hypo71.....	28
4.2 Analisa Distribusi Kecepatan 3 Dimensi	39
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1	Skema konfigurasi pertemuan lempeng Eurasia (<i>Asiatic plate</i>) dan lempeng Laut Filipina	5
Gambar 2.2	Pembagian daerah geologi di Taiwan serta patahan yang memisahkannya. CP = Coastal Plain; WF = Western Foothills; HSR = Hsuehshan Range; WCR = Western Central Range; ECR = Eastern Central Range; LV = Longitudinal Valley; CR = Coastal Range; IP = Ilan Plane ...	6
Gambar 2.3	Bathymetric lepas pantai selatan Taiwan. KC = Kaoping Slope; HR = Hengchun Ridge; SLT = Southern Longitudinal Trough; HTR = Huatang Ridge; TT = Taitung Trough	8
Gambar 2.4	Penjalaran gelombang (a) P (b) S (c) <i>Love</i> (d) <i>Rayleigh</i>	11
Gambar 2.5	Alur pemodelan ke depan dan pemodelan ke belakang	14
Gambar 2.6	Struktur umum pengkodean LOTOS-12	15
Gambar 2.7	Prinsip algoritma bending untuk <i>ray tracing</i>	19
Gambar 3.1	Letak stasiun pencatat gempa pada jaringan <i>Broadband Array in Taiwan for Seismology</i>	21
Gambar 3.2	Gempa dengan kekuatan > 4.7 SR yang terekam selama rentang waktu 1 Januari 2009 – 31 Desember 2010	22
Gambar 3.3	Struktur <i>folder</i> (kotak kuning) dan <i>file</i> (kotak putih) dalam <i>software</i> LOTOS-12	23
Gambar 3.4	Diagram alur penelitian	26
Gambar 4.1	Perhitungan estimasi waktu tiba gelombang P dan gelombang S	28
Gambar 4.2	gelombang gempa menggunakan Seisgram2K60	28
Gambar 4.3	Posisi episenter sebelum (lingkaran merah) dan setelah relokasi (lingkaran biru)	37
Gambar 4.4	Sebaran kejadian gempabumi dan stasiun dengan code LOTOS-12	38
Gambar 4.5	Garis <i>cross section</i> untuk menampilkan distribusi kecepatan pada sayatan vertikal	40
Gambar 4.6	Anomali kecepatan gelombang P pada sayatan vertikal	41
Gambar 4.7	Anomali kecepatan gelombang S pada sayatan vertikal	41
Gambar 4.8	Anomali rasio V_p/V_s pada sayatan vertikal	42
Gambar 4.9	Anomali kecepatan absolut gelombang P pada sayatan vertikal	42
Gambar 4.10	Anomali kecepatan absolut gelombang S pada sayatan vertikal	43
Gambar 4.11	Distribusi anomali kecepatan gelombang P pada sayatan horizontal. Dari kiri atas ke kanan berturut-turut pada kedalaman 9 km, 13 km, 17 km, 21 km, 25 km, 30 km, 35	47

	km, 50 km, dan 70 km	
Gambar 4.12	Distribusi anomali kecepatan gelombang S pada sayatan horizontal. Dari kiri atas ke kanan berturut-turut pada kedalaman 9 km, 13 km, 17 km, 21 km, 25 km, 30 km, 35 km, 50 km, dan 70 km	48
Gambar 4.13	Distribusi anomali Vp/Vs pada sayatan horizontal. Dari kiri atas ke kanan berturut-turut pada kedalaman 9 km, 13 km, 17 km, 21 km, 25 km, 30 km, 35 km, 50 km, dan 70 km	49

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1	Model Kecepatan Bumi di Wilayah Taiwan.....	24
Tabel 4.1	Identitas stasiun perekaman gempabumi pada jaringan TW	27
Tabel 4.2	Hiposenter gempabumi sebelum dan sesudah relokasi	29
Tabel 4.3	<i>Origin time</i> dan RMS hasil relokasi	33



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1	Jadwal Kerja Penelitian	57
Lampiran 2	Data Gempa dari IRIS	59
Lampiran 3	Data <i>Picking</i> Seisgram	63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Taiwan merupakan negara yang memiliki tingkat deformasi kerak bumi yang cukup tinggi dan aktivitas kegempaan yang kuat (Wu et al, 2007). Taiwan terletak di batas pertemuan antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Filipina yang merupakan salah satu daerah seismik yang paling aktif di dunia. Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik (<http://www.bmkg.go.id>, 2014). Pada abad ke-20, bencana gempabumi di Taiwan menyebabkan kerusakan yang sangat besar dan sangat mempengaruhi kehidupan masyarakat (Zhuang et al, 2005). Dengan jumlah gempabumi yang sangat banyak di Taiwan, maka diperlukan analisa struktur kecepatan gempa untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan bumi yang memiliki geologi kompleks (Monalia, 2011). Sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak dari gempabumi dimasa yang akan datang (Zhuang et al, 2005). Kualitas penampang seismik sangat bergantung pada keakuratan model kecepatan interval (Monalia, 2011). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan model kecepatan yang akurat adalah metode tomografi. Beberapa penelitian terdahulu mengenai inversi tomografi di Taiwan telah dilakukan, salah satunya adalah inversi 3D kecepatan gelombang P menggunakan *software* SIMUL2000 oleh Liao, Y.C. et al (2008).

Secara umum tomografi merupakan suatu teknik khusus yang dapat digunakan untuk mendapatkan gambaran bagian dalam dari suatu objek berupa benda padat tanpa memotong atau mengirisnya. Caranya dengan melakukan pengukuran-pengukuran di luar objek tersebut dari berbagai arah (proyeksi), kemudian merekonstruksinya (Munadi, 1992). Sedangkan tomografi seismik dapat diartikan sebagai metode atau teknik pembuatan peta tiga dimensi dari bagian dalam bumi dengan menggunakan data bentuk gelombang (*waveform*) atau

data waktu tempuh (*travel time*) dari gelombang seismik (Admiranto, 2009). Metode ini dipergunakan untuk memperoleh profil sebaran detail dari sifat-sifat fisik batuan seperti kecepatan perambatan dan perlambatan.

Dikenal dua jenis pemodelan dalam tomografi seismik, pemodelan ke depan (*forward modelling*) dan pemodelan ke belakang (*inverse modelling*). Dengan memanfaatkan parameter kecepatan gelombang P (V_p) dan kecepatan gelombang S (V_s) dari data seismik yang didapat, maka penelitian ini menggunakan pemodelan ke belakang atau inversi tomografi.

Local Tomography Software (LOTOS-12) digunakan untuk proses inversi dalam penelitian ini. Algoritma tomografi dari *software* tersebut didesain untuk menginversi struktur gelombang P dan gelombang S secara simultan, serta koordinat sumber gempa (Koulakov, 2009). Oleh karena itu, dari proses inversi ini diharapkan dapat menghasilkan detail pencitraan 3D V_p , V_s , dan rasio V_p/V_s di wilayah Taiwan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana distribusi anomali kecepatan gelombang P (V_p) dan kecepatan gelombang S (V_s) yang dihasilkan dengan metode inversi tomografi?
2. Bagaimana distribusi rasio V_p/V_s yang dihasilkan dengan metode inversi tomografi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mendapatkan pencitraan distribusi anomali kecepatan gelombang P (V_p), kecepatan gelombang S (V_s).
2. Mendapatkan pencitraan distribusi rasio V_p/V_s yang dihasilkan dengan metode inversi tomografi.

1.4 Batasan Masalah

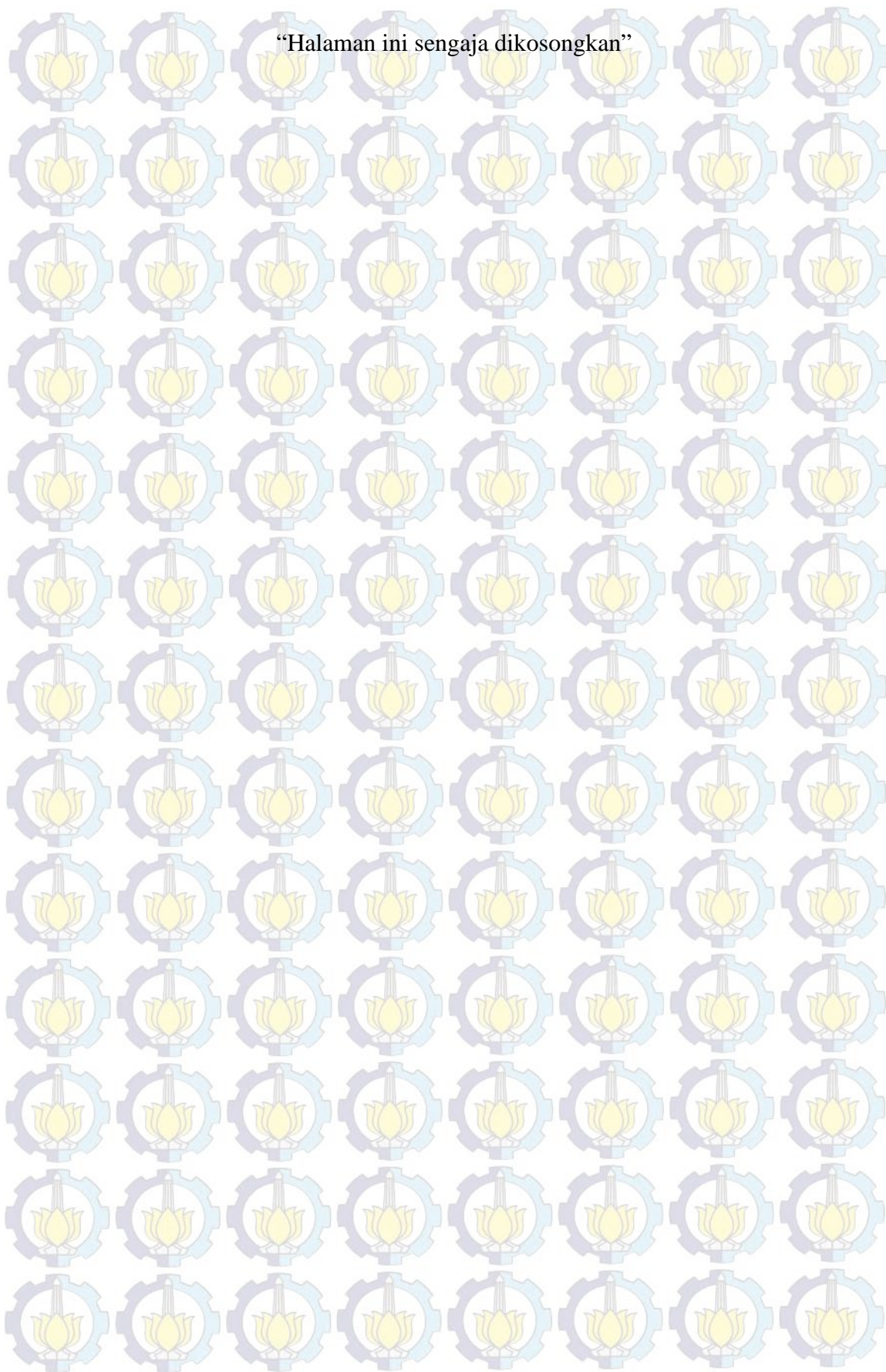
Batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data katalog IRIS di Taiwan dengan periode 2009 – 2010.
2. Pengolahan data awal untuk menentukan waktu tiba gelombang P dan S dilakukan dengan menggunakan *software* SiesGram2K60.
3. Proses inversi tomografi menggunakan *Local Tomography Software* (LOTOS-12).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini secara garis besar terdiri dari bab 1 pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan, bab 2 tinjauan pustaka yang memuat teori-teori yang menjadi acuan dalam melakukan penelitian, bab 3 metodologi penelitian yang menjelaskan prosedur kerja, bab 4 hasil dan pembahasan, serta bab 5 kesimpulan dan saran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

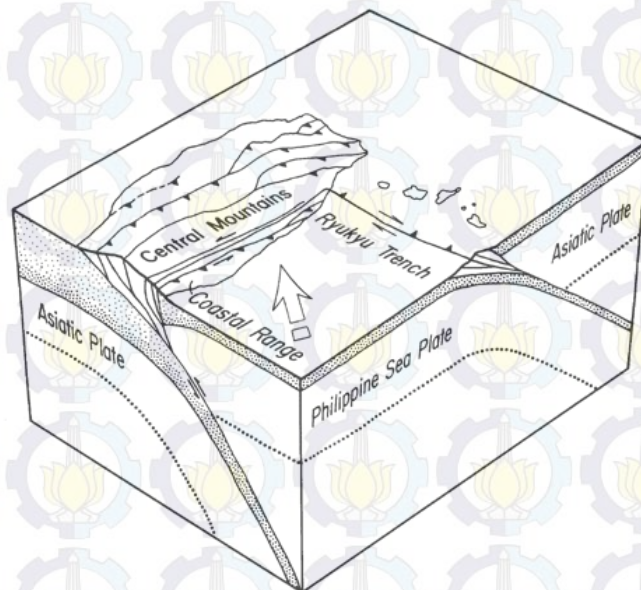


BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Struktur Geologi Taiwan

Taiwan terletak di bagian barat dari sabuk seismik Pacific Rim (Wu et al, 2007). Taiwan berada pada batas konvergen antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Laut Filipina, yang merupakan salah satu daerah seismik paling aktif di dunia (Zhuang, et al, 2005). Lempeng Laut Filipina bergerak ke arah barat daya dengan kecepatan 8 cm/tahun relatif terhadap Lempeng Eurasia (Seno et al, 1993; Yu et al, 1997; Liao et al, 2008). Di sebelah timur, Lempeng Laut Filipina menumbuk kearah utara di bawah Lempeng Eurasia sepanjang Palung Ryuku. Di ujung Taiwan bagian selatan, Lempeng Eurasia menumbuk sepanjang Palung Manila di bawah Lempeng Laut Filipina (Liao et al, 2008).

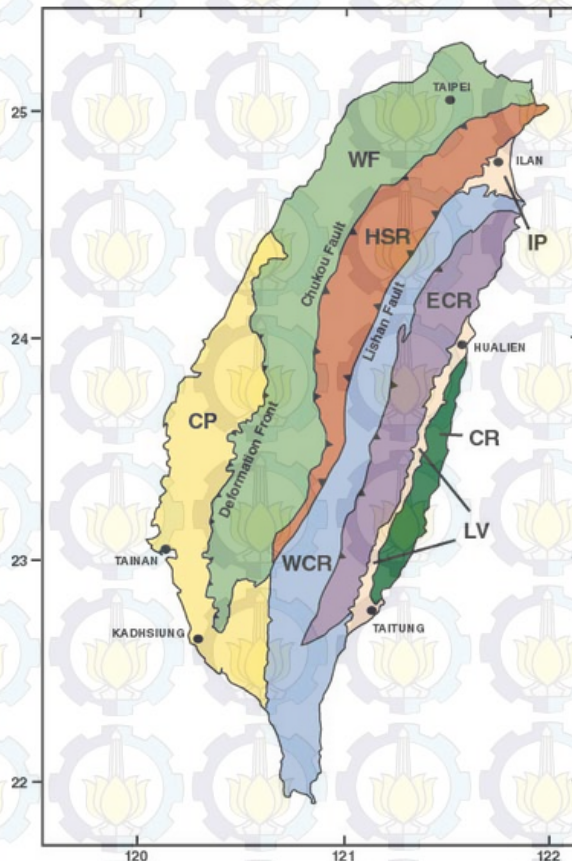


Gambar 2.1 Skema konfigurasi pertemuan lempeng Eurasia (*Asiatic plate*) dan lempeng Laut Filipina (<http://www.geo.arizona.edu/~anderson/taiwan/intro.html>)

Jalur orogenitas Taiwan terletak antara Laut Cina Selatan dan pulau utama Taiwan. Jalur orogenitas ini merupakan ujung dari dua zona subduksi, yaitu Palung Manila dan Palung Ryuku. Taiwan termasuk pulau yang memiliki rata-rata

deformasi kerak bumi yang cukup tinggi, aktivitas seismik yang kuat, dan banyak bencana gempa yang terjadi (Wu et al, 2007). Deformasi maksimum terjadi di lepas pantai selatan pulau dan semakin berkurang ke arah utara. Hal ini disebabkan oleh sifat alami kemiringan dari tumbukan. Gempabumi yang terjadi di Taiwan dapat diklasifikasikan dalam dua kategori menurut penyebabnya, yaitu gempabumi yang disebabkan oleh sunduksi Lempeng Laut Filipina ke arah utara di bawah Lempeng Eurasia dan gempabumi yang disebabkan oleh patahan aktif yang berada di pulau utama Taiwan.

Secara umum pembagian daerah geologi di Taiwan ditampilkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pembagian daerah geologi di Taiwan serta patahan yang memisahkannya. CP = Coastal Plain; WF = Western Foothills; HSR = Hsuehshan Range; WCR = Western Central Range; ECR = Eastern Central Range; LV = Longitudinal Valley; CR = Coastal Range; IP = Ilan Plane (<http://www.geo.arizona.edu/~anderson/taiwan/intro.html>)

Secara umum, tingkat metamorfik formasi geologi meningkat dari barat ke timur sepanjang pulau (Ernst et al, 1985). Di pesisir bagian barat, Coastal Plain terdiri dari alluvium yang buruk dan sebagian besar teras batu kerikil. Deformation Front memisahkan Coastal Plain dari Western Foothills. Western Foothills memiliki lapisan Moho dengan kedalaman sekitar 25 km (Rau dan Wu., 1995). Hsuehshan Range terdiri dari kwarsa Eosen-Oligosen, batu pasir karbonat, tanah liat, dan serpihan. Sebelah timur dari Hsuehshan Range adalah Central Range yang bagian baratnya berbatasan dengan Lishan Fault (Patahan Lishan) dan bagian timur berbatasan dengan Longitudinal Valley. Central Range dibagi menjadi dua bagian, yaitu Western Central Range dan Eastern Central Range. Western Central Range merupakan batu tulis Paleosen, Eosen, dan Miosen serta filit metaklastis. Sedangkan Eastern Central Range terdiri dari Tananao complex, sekis, sekis hijau, genes, karbonat, *tuffs*, *oceanic pelitic*, dan *mafic schists*. Tananao complex terdiri dari batuan dasar penyusun lempeng Benua Eurasia (Lan et al., 1996). Disebelah timur Longitudinal Valey adalah Coastal Range yang terdiri dari batuan afinitas busur Luzon, yaitu batuan vulkanik dan sedimen. Lapisan kerak bumi di bawah Coastal Range bagian timur memiliki kedalaman yang relatif tipis sekitar 20 km dan memiliki kecepatan mendekati tipe kecepatan kerak samudera (Rau dan Wu., 1995).

Dua patahan aktif yang terdapat di pulau utama Taiwan adalah Patahan Lishan dan Lichi Melange yang terdapat di Longitudinal Valley. Patahan Lishan terletak diantara Hsuehshan Range dan Central Range yang termasuk dalam jenis patahan normal. Patahan Lishan memisahkan batuan pasir dan batu tulis Oligosen di bagian barat Hsuehshan Range dengan batu tulis Miosen dibagian timur Central Range. Jenis batuan ini merupakan batuan sedimen dari Laut Cina Selatan, dengan tingkat metamorfik batuan meningkat dari barat ke timur melewati patahan. Zona patahan berikutnya adalah Lichi Melange yang merupakan bagian dari subduksi kompleks disisi barat bekas busur gunungapi dari subduksi Laut Cina Selatan. Lichi Melange terdiri dari batuan sedimen yang berasal dari pesisir Cina dan Busur Luzon.

Karena batas konvergen banyak terdapat di lepas pantai selatan Taiwan, sehingga sangat penting untuk mengetahui ciri-ciri topografi di daerah tersebut.

Kaoping Slope (Lereng Kaoping) memanjang ke arah barat daya dari pulau utama menuju Laut Cina Selatan dan Palung Manila. Bubungan Hengchun memanjang ke selatan dari Central Range. Southern Longitudinal Trough, Huatang Ridge, dan Taitung Trough terletak diantara Bubungan Hengchung dan Busur Gunungapi Luzon.



Gambar 2.3 Bathymetric lepas pantai selatan Taiwan. KC = Kaoping Slope; HR = Hengchun Ridge; SLT = Southern Longitudinal Trough; HTR = Huatang Ridge; TT = Taitung Trough (<http://www.geo.arizona.edu/~anderson/taiwan/intro.html>)

2.2 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang elastik akibat deformasi energi yang merambat di dalam bumi (Lay dan Wallace, 1995). Berdasarkan lokasi penjalarannya, gelombang seismik digolongkan menjadi dua, yaitu *body wave* (gelombang badan) dan *surface wave* (gelombang permukaan). Secara umum, karakteristik gelombang badan memiliki periode getaran yang lebih pendek dibandingkan dengan gelombang permukaan (Lay dan Wallace, 1995).

2.2.1 Gelombang Badan

Gelombang badan adalah gelombang yang energinya ditransfer melalui interior bumi sebagai medium perambatan (Lay dan Wallace, 1995). Berdasarkan sifat gerakan partikel mediumnya, gelombang badan dibagi menjadi dua, yaitu gelombang P dan gelombang S.

2.2.1.1 Gelombang P

Gelombang P dikenal juga sebagai gelombang dilatasi, longitudinal, atau kompresional. Indeks P diberikan berdasarkan fakta bahwa gelombang ini biasanya tiba paling awal (*primary*) pada perekaman seismik (Telford et al, 1990). Gelombang P menggerakkan partikel tanah searah dengan arah perambatan gelombang. Jika gelombang P merambat tanpa membangkitkan gelombang S, maka gelombang tersebut disebut sebagai gelombang akustik. Jika gelombang P merambat dan membangkitkan gelombang S, maka gelombang ini disebut sebagai gelombang elastik. Menurut Lay dan Wallace (1995), kecepatan gelombang P (V_p) dirumuskan sebagai berikut:

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (2.1)$$

dengan λ adalah konstanta elastisitas volume, μ adalah modulus Rigiditas, dan ρ adalah rapat jenis.

2.2.1.2 Gelombang S

Gelombang S (*shear*) disebut juga gelombang rotasi (*curl*) atau transversal, yang berarti gerakan partikel memiliki arah tegak lurus terhadap arah perambatan gelombang (Telford et al, 1990). Gelombang S memiliki kecepatan yang lebih rendah dari gelombang P sehingga biasanya disebut sebagai gelombang sekunder.

Menurut Lay dan Wallace (1995), kecepatan gelombang S (V_s) dirumuskan sebagai berikut:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.2)$$

2.2.2 Gelombang Permukaan

Untuk medium homogen isotropis tak hingga, hanya terdapat gelombang P dan gelombang S. Namun, ketika mediumnya berhingga pada segala arah, terdapat sebuah tipe gelombang lain yang dibangkitkan, yaitu gelombang permukaan (Telford et al, 1990). Gelombang permukaan merupakan gelombang dengan amplitudo besar dan frekuensi rendah yang merambat pada permukaan bebas. Berdasarkan sifat gerakan partikel mediumnya, gelombang permukaan dibagi menjadi 2, yaitu gelombang *Rayleigh* dan gelombang *Love*.

2.2.2.1 Gelombang *Rayleigh*

Gelombang *Rayleigh* sering disebut juga *ground roll* merupakan gelombang permukaan yang gerakan partikelnya merupakan kombinasi dari gerak gelombang longitudinal dan transversal. Amplitudo gelombang *Rayleigh* menurun secara eksponensial terhadap kedalaman. Dalam perjalanannya, partikel gelombang ini melewati suatu lintasan elips, dengan sumbu mayor elips terletak pada sumbu vertikal (Telford et al, 1990).

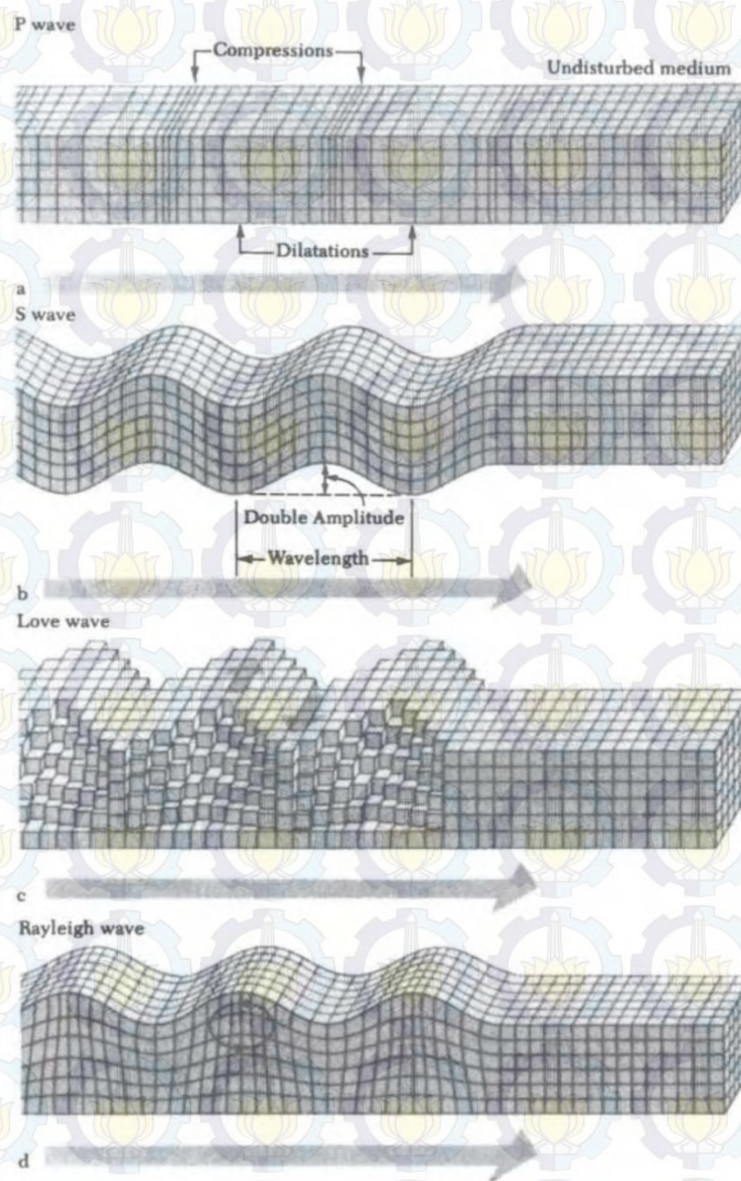
2.2.2.2 Gelombang *Love*

Gelombang *Love* adalah gelombang permukaan yang merambat dalam bentuk gelombang transversal. Gelombang *Love* sering disebut juga gelombang SH (Telford et al, 1990). Kecepatan perambatannya bergantung pada panjang gelombang dan bervariasi sepanjang permukaan.

2.3 Hubungan Sifat Medium Batuan dengan Kecepatan Gelombang P dan S

Cepat rambat gelombang di dalam batuan sangat dipengaruhi oleh sifat fisis dan sifat mekanik batuan. Sifat fisis batuan didefinisikan sebagai sifat batuan yang dapat diukur atau diteliti tanpa mengubah komposisi atau susunan batuan tersebut. Schon (2001) menjelaskan beberapa sifat fisis batuan, antara lain densitas, porositas, saturasi. Densitas (ρ) merupakan besarnya massa tiap satuan volume. Densitas batuan berpori adalah perbandingan antara massa terhadap volume rata-rata dari material. Porositas merupakan perbandingan antara volume ruang yang terdapat dalam batuan yang berupa pori-pori terhadap volume batuan

secara keseluruhan, biasanya dinyatakan dalam fraksi. Secara umum, semakin tinggi porositas batuan, maka kecepatan gelombang P (V_p) dan S (V_s) akan berkurang. Saturasi didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori batuan yang ditempati oleh suatu fluida tertentu dengan volume pori-pori total pada suatu batuan berpori. Menurut Manzella (1990), batuan yang terisi oleh fluida akan menyebabkan penurunan nilai kecepatan gelombang P dan penurunan secara signifikan nilai kecepatan gelombang S.



Gambar 2.4 Penjalaran gelombang (a) P (b) S (c) *Love* (d) *Rayleigh* (Lay dan Wallace, 1995)

Sifat mekanik batuan didefinisikan sebagai respon atau perilaku batuan terhadap pembebanan yang diberikan, baik berupa gaya, torsi, ataupun gabungan dari keduanya. Respon batuan terhadap pembebanan yang diberikan akan sangat bergantung pada konstanta elastisitas medium batuan tersebut, antara lain modulus geser (μ), modulus Young (E), modulus Bulk (K), rasio Poisson (σ), konstanta Lamé, yang terdiri dari konstanta elastisitas geser (μ) dan konstanta elastisitas volume (λ). Modulus geser atau modulus rigiditas didefinisikan sebagai rasio antara tekanan geser (*shear stress*) dengan regangan (*strain*) yang dialami, modulus Young didefinisikan sebagai rasio antara tekanan normal (*normal stress*) dengan perubahan panjang, modulus Bulk didefinisikan sebagai rasio perubahan panjang (*strain*) arah transversal dengan perubahan panjang arah longitudinal (Suantika, 2009).

Hubungan antara konstanta Lamé dengan konstanta elastisitas lainnya adalah sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\sigma E}{(1+\sigma)(1-2\sigma)} \quad (2.3)$$

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.1) dan (2.2) menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kecepatan gelombang P (V_p) dan S (V_s) dengan parameter elastisitas, yaitu kecepatan gelombang P (V_p) dan S (V_s) bergantung pada modulus geser (μ). Kecepatan gelombang P (V_p) juga bergantung pada modulus Bulk, sedangkan kecepatan gelombang S (V_s) tidak bergantung pada modulus Bulk sehingga disebut juga sebagai *shear wave velocity*.

2.4 Penentuan Hiposenter

Hiposenter (x_0, y_0, z_0) adalah lokasi sumber gempa bumi di dalam ruang yang dinyatakan dengan posisi *longitude* (x_0), *latitude* (y_0), dan kedalaman (z_0). Secara umum, ada tiga macam metode yang dapat digunakan untuk menentukan hiposenter, antara lain *Single Event Determination* (SED), *Joint Hypocenter Determination* (JHD), dan *Double Difference* (DD).

Pada penelitian ini metode yang akan digunakan adalah *Single Event Determination* (SED). Geiger (1912) memperkenalkan metode penentuan

hiposenter berdasarkan azas kuadrat terkecil. Metode Geiger adalah sebuah proses iterasi menggunakan optimasi Gauss-Newton untuk menentukan lokasi gempabumi atau peristiwa seismik. Tinjau sebuah gempabumi (x_0, y_0, z_0, t_0) yang terekam pada stasiun ke- i (x_i, y_i, z_i, t_i) , maka residual waktu tempuh atau *error* dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$r_i = t_i - t_0 - t^{cal} \quad (2.5)$$

dengan t^{cal} adalah waktu tempuh gelombang (*travel time calculated*) dari sumber gempa ke stasiun penerima berdasarkan model kecepatan 1D bawah permukaan. Jika diperoleh nilai kuadrat terkecil dari residual waktu tempuh atau *error*, maka dapat diperkirakan bahwa posisi hiposenter yang telah didapat adalah benar.

Dari proses tersebut, parameter yang telah diketahui adalah waktu tiba gelombang dan posisi stasiun pencatat gempa, sedangkan beberapa parameter seperti waktu terjadi gempa, letak hiposenter, model kecepatan, dan lintasan sinar gelombang belum diketahui. Oleh karena itu, permasalahan tersebut termasuk dalam permasalahan non-linear. Untuk mempermudah penyelesaian maka diasumsikan bahwa model kecepatan telah mewakili keadaan sebenarnya dan pembacaan waktu tiba telah tepat. Dengan ekspansi deret Taylor, maka linearisasi dari permasalahan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$r_i = \frac{\partial t_i}{\partial x_0} dx + \frac{\partial t_i}{\partial y_0} dy + \frac{\partial t_i}{\partial z_0} dz + dt \quad (2.6)$$

Jika persamaan (2.6) disusun untuk semua stasiun dan dibentuk ke dalam matriks maka dapat dituliskan sebagai berikut:

$$J\Delta m = \Delta d \quad (2.7)$$

Untuk mendapatkan model (Δm) maka matriks tersebut diubah ke dalam bentuk invers dengan melakukan perkalian invers matriks Jacobian sehingga penyelesaian inversi matriks diberikan oleh persamaan berikut:

$$[J]^T [J] \Delta m = [J]^T \Delta d \quad (2.8)$$

$$\Delta m = [J^T J]^{-1} [J]^T \Delta d \quad (2.9)$$

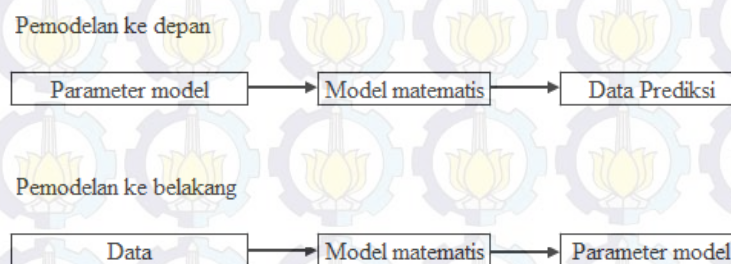
Dengan J adalah matriks Jacobian, berisi derivatif parsial residual waktu tempuh tiap stasiun terhadap parameter hiposenter dengan ukuran $n \times 4$, dimana n adalah jumlah stasiun dan 4 merupakan representasi jumlah parameter hiposenter yang dicari. Matriks Δm merupakan model yang dicari yang berisi posisi

hiposenter dan waktu terjadinya gempa (x_0, y_0, z_0, t_0) dengan ukuran 4×1 . Sedangkan matriks Δd merupakan waktu tempuh gelombang berdasarkan data pengamatan dengan ukuran $n \times 1$. Perbaikan atau relokasi posisi hiposenter akan terus berjalan dengan melakukan iterasi hingga kuadrat residual waktu tempuh observasi dan kalkulasi mendekati nol atau bernilai minimum.

2.5 Tomografi Seismik

Secara umum tomografi merupakan suatu teknik khusus yang dapat digunakan untuk mendapatkan gambaran bagian dalam dari suatu objek berupa benda padat tanpa memotong atau mengirisnya. Caranya dengan melakukan pengukuran-pengukuran di luar objek tersebut dari berbagai arah (proyeksi), kemudian merekonstruksinya (Munadi, 1992). Sedangkan tomografi seismik dapat diartikan sebagai metode atau teknik pembuatan peta tiga dimensi dari bagian dalam bumi dengan menggunakan data bentuk gelombang (*waveform*) atau data waktu tempuh (*travel time*) dari gelombang seismik (Admiranto, 2009). Metode ini dipergunakan untuk memperoleh profil sebaran detail dari sifat-sifat fisik batuan seperti kecepatan perambatan dan perlambatan.

Dikenal dua jenis pemodelan dalam tomografi seismik, pemodelan ke depan (*forward modelling*) dan pemodelan ke belakang (*inverse modelling*). Menurut Supriyanto (2007), ketika parameter model sudah diketahui dan peneliti ingin mendapatkan data prediksi, maka proses ini disebut sebagai pemodelan ke depan. Sebaliknya, jika data telah diketahui dan peneliti ingin mendapatkan estimasi parameter model, maka proses ini disebut sebagai pemodelan ke belakang.



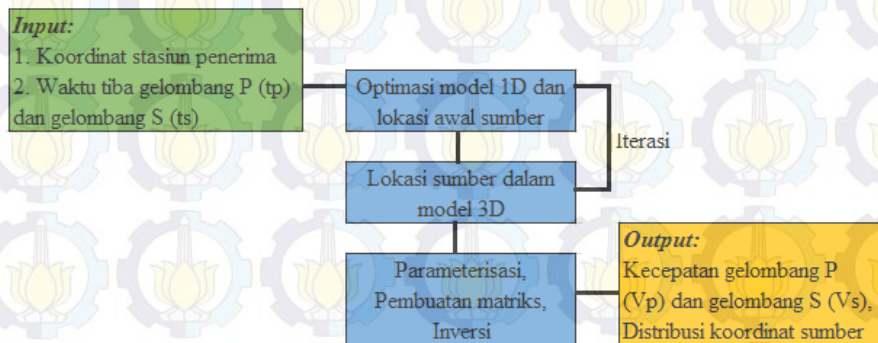
Gambar 2.5 Alur pemodelan ke depan dan pemodelan ke belakang (Supriyanto, 2007)

2.6 Tomografi Seismik dengan *Local Tomography Software* (LOTOS-12)

Algoritma tomografi, *Local Tomography Software* (LOTOS-12) didesain untuk menginversi struktur kecepatan gelombang P (V_p) dan gelombang S (V_s) secara simultan serta koordinat sumber gelombang seismik sehingga dapat menghasilkan pencitraan bawah permukaan suatu daerah. Algoritma LOTOS-12 dapat diaplikasikan secara langsung pada berbagai data tanpa pemrosesan parameter yang rumit, selain itu LOTOS-12 juga sangat mudah untuk dijalankan (Kaulakov, 2009).

LOTOS-12 yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Windows* sebagai sistem operasinya. Beberapa perbedaan antara LOTOS-12 dengan LOTOS versi sebelumnya, LOTOS-07 dan LOTOS-09 adalah sebagai berikut:

1. Selain inversi untuk V_p dan V_s , LOTOS-12 juga mampu untuk melakukan inversi V_p - V_p/V_s .
2. Hasil dalam bidang horizontal dapat disajikan dalam gambar PNG *bitmap* tanpa menggunakan bantuan perangkat grafis lainnya.
3. Struktur *file* dan program menjadi lebih sederhana.
4. Terdapat beberapa contoh berbeda yang dapat digunakan untuk mengkonstruksi model baru.
5. Terdapat beberapa panduan yang sangat membantu dalam proses pengkodean menggunakan *software* ini.
6. Terdapat perangkat untuk simulasi data buatan yang dapat digunakan untuk merencanakan *network deploying* (Kaulakov, 2009).



Gambar 2.6 Struktur umum pengkodean LOTOS-12. (Kaulakov, 2009)

Langkah di atas dapat diuraikan seperti berikut ini:

2.6.1 Algoritma untuk Optimasi Kecepatan 1D dan Lokasi Awal Sumber

Untuk optimasi kecepatan 1D dan lokasi awal sumber berikut ini adalah langkah-langkahnya:

Langkah 0 Pemilihan data, dari seluruh data katalog yang didapat pilihlah kejadian gempa yang terdistribusi secara seragam terhadap kedalaman.

Langkah 1 Perhitungan waktu tiba gelombang dalam model 1D. Pada iterasi pertama, model ditentukan secara manual dengan menggunakan data awal yang ada. Waktu tempuh dari sumber ke penerima dihitung dalam model 1D.

Langkah 2 Lokasi sumber dalam model 1D. Waktu tempuh yang didapat dari langkah 1 selanjutnya dikoreksi terhadap elevasi stasiun. Lokasi sumber diperoleh melalui kalkulasi dengan *goal function* (GF) (Koulakov dan Sobolev, 2006). Penentuan GF dilakukan dengan metode *grid search*. Metode ini merupakan salah satu metode optimasi dengan menguji secara langsung sekumpulan bakal solusi secara iteratif satu persatu. Pemilihan solusi ditentukan oleh kesalahan terkecil antara hasil pengamatan dengan hasil perhitungan.

Langkah 3 Perhitungan derivatif pertama dari matriks sepanjang *rays computed* pada iterasi sebelumnya.

Langkah 4 Inversi matriks ditampilkan secara simultan untuk data P dan S menggunakan matriks yang telah disusun pada langkah 3. Inversi matriks ini ditampilkan dengan menggunakan metode LSQR. Proses iterasi akan dilakukan berulang hingga diperoleh nilai RMS terkecil.

Adapun *goal function* (GF) yang digunakan dalam *software* LOTOS-12 dapat dituliskan sesuai dengan persamaan (2.10).

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N A(\Delta t_i) B(d_i) C}{\sum_{i=1}^N B(d_i) C} \quad (2.10)$$

A adalah suku yang merefleksikan nilai residual:

$$A(\Delta t_i) = \begin{cases} 1 & \text{jika } |\Delta t_i|/C_{PS} < \tau_1 \\ \frac{(\Delta t_i - \tau_1)}{(\tau_1 - \tau_2)}, & \text{jika } \tau_1 < |\Delta t_i|/C_{PS} < \tau_2 \\ 0 & \text{jika } |\Delta t_i|/C_{PS} > \tau_2 \end{cases} \quad (2.11)$$

dimana N adalah jumlah total kejadian gempa yang terekam, τ_1 dan τ_2 adalah batas nilai residual yang ditentukan dari nilai tebakan anomali kecepatan.

B merupakan suku kebergantungan terhadap jarak.

$$B(d_i) = \begin{cases} 1 & \text{jika } d_i < d_{min} \\ (d_{min}/d_i)^m & \text{jika } d_i > d_{min} \end{cases} \quad (2.12)$$

C menyatakan suku pembobotan fase, untuk fase P pembobotan bernilai 1. Sedangkan untuk fase S yang tidak berpasangan dengan fase P, maka nilai pembobotannya harus lebih kecil. Jika terdapat fase P dan S dalam satu stasiun, maka *time residual* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta t_i = (t_{obs}^S - t_{ref}^S) - (t_{obs}^P - t_{ref}^P) \quad (2.13)$$

Namun jika hanya terdapat fase P saja atau fase S tanpa berpasangan dengan fase P, maka persamaan *time residual* menjadi:

$$\Delta t_i = t_{obs}^P - t_{ref}^P - \Delta t_0 \quad (2.14)$$

Koreksi untuk *origin time* Δt_0 diperoleh dari:

$$\sum_{i=1}^N B(d_i)(t_{obs}^P - t_{ref}^P - \Delta t_0) = 0 \quad (2.15)$$

dengan t_{obs}^P adalah waktu tempuh observasi dan t_{ref}^P adalah waktu tempuh referensi. Setiap data observasi harus memenuhi kondisi:

$$|t_{obs}^P - t_{ref}^P - \Delta t_0| < \tau_2 \quad (2.16)$$

2.6.2 Bending Algorithm untuk Ray Tracing dalam Model Kecepatan 3D

Salah satu keistimewaan dari LOTOS-12 adalah algoritma *ray tracing* yang didasarkan pada prinsip Fermat. *Ray tracing* merupakan peruntukan lintasan sinar (*ray path*) antara sumber gempa dengan stasiun penerima. *Ray tracing* adalah teknik yang sangat fundamental untuk menghitung waktu tempuh dalam memecahkan masalah *forward* dan inversi model seismologi. Algoritma ini juga disebut sebagai *pseudobending tracing* (Um dan Thurber, 1987). Keunggulan dari

metoda *ray tracing* adalah waktu komputasi untuk perhitungan waktu tempuh dan lintasan sinar gelombang relatif cepat.

Metoda *ray tracing* tidak secara langsung memecahkan persamaan sinar gelombang, tetapi sebagai gantinya digunakan minimalisasi secara langsung waktu tempuh dengan memberikan gangguan kecil secara bertahap pada lintasan sinar gelombang (Um dan Thurber, 1987).

Pada metoda ini, *ray tracing* berawal dengan lintasan sinar lurus, lihat garis hijau pada Gambar 2.7. waktu tempuh sepanjang lintasan sinar antara dua titik, sumber (A) dan penerima (B) diungkapkan dalam bentuk integral garis sebagai berikut:

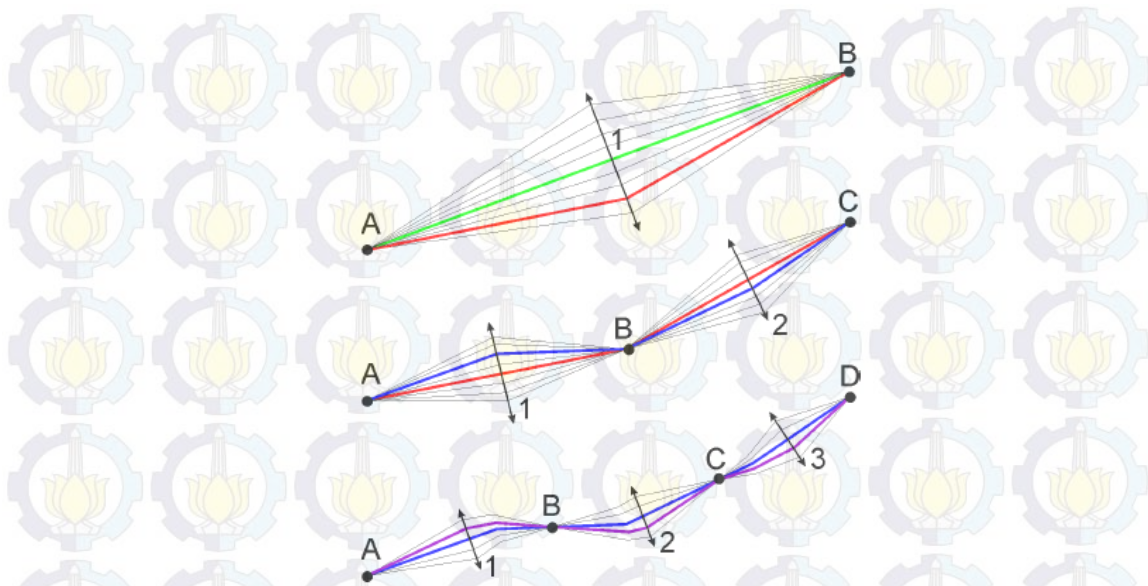
$$t = \int_A^B \frac{1}{V} dl = \int_{sumber}^{penerima} \frac{1}{V} dl \quad (2.17)$$

dengan dl adalah segmen panjang lintasan sinar dan V adalah kecepatan medium pada titik lintasan yang dilewati sinar gelombang.

Lintasan sinar yang lurus ini kemudian diberikan gangguan pada setiap titik tekuknya. Lintasan sinar gelombang diperbaharui sebanyak jumlah perturbasi. Masing-masing sinar hasil perturbasi dihitung panjangnya pada setiap blok dengan cara membagi sinar tersebut menjadi segmen-segmen yang lebih kecil. Semakin kecil segmennya, maka semakin tinggi tingkat ketelitian dalam menghitung lintasan sinar pada setiap blok. Waktu tempuh lintasan sinar gelombang dihitung dengan mengalikan panjang lintasan sinar setiap blok dengan nilai *slowness* (1/kecepatan) pada tiap blok.

$$t = \sum S_f dl_f \quad (2.18)$$

dimana S_f adalah *slowness* pada blok ke- f yang dilewati oleh sinar gelombang dan dl_f adalah panjang segmen sinar pada blok ke- f . Kemudian dari waktu tempuh masing-masing perturbasi pada *ray tracing* dipilih waktu minimumnya. Perturbasi ke- i dengan waktu minimum ini menjadi *ray tracing* akhir yang memenuhi prinsip Fermat.



Gambar 2.7 Prinsip algoritma bending untuk *ray tracing* (Kaulakov, 2009)

2.6.3 Iterasi Inversi Tomografi

2.6.3.1 Lokasi Sumber dalam Model Kecepatan 3D

Pada tahap optimasi model 1D telah diperoleh model kecepatan 1D dan lokasi awal sumber yang kemudian direlokasi menggunakan pengkodean berdasarkan 3D *ray tracing*. Lokasi sumber dalam model 3D diperoleh menggunakan metode gradien (Kaulakov et al, 2006).

2.6.3.2 Parameterisasi

Metode parameterisasi menggunakan banyak titik yang dipasang pada penelitian menggunakan algoritma yang telah dideskripsikan oleh Kaulakov et al (2006). Titik-titik itu dipasang pada garis vertikal yang terdistribusi secara reguler pada penampang peta. Titik terdistribusi berdasarkan keberadaan sinar gelombang, jika tidak terdapat sinar gelombang, maka titik pun tidak akan muncul. Jarak antar titik dibuat lebih rapat pada area dengan densitas sinar gelombang yang tinggi. Untuk menghindari konsentrasi titik yang terlalu banyak, maka jarak minimum untuk tiap titik telah ditentukan terlebih dahulu. Untuk mengurangi efek distribusi titik pada hasil dapat dilakukan dengan melakukan inversi menggunakan beberapa *grid* dengan orientasi dasar yang berbeda, misalnya 0° , 22° , 45° , dan 67° .

2.6.3.3 Kalkulasi dan Inversi Matriks untuk kasus Vp-Vs

Derivatif pertama dari matriks dihitung menggunakan lintasan sinar gelombang yang dihitung setelah lokasi sumber dalam model 3D. Tiap elemen matriks, $A_{ij} = \partial t_i / \partial v_j$, sebanding dengan deviasi waktu sepanjang sinar ke- i terhadap perturbasi kecepatan di titik ke- j . Inversi untuk matriks secara keseluruhan akan didapatkan dengan menggunakan iterasi LSQR (Paige, Saunders, 1982, Van der Sluis, Van der Vorst, 1987). Dengan penambahan parameter Vp dan Vs, matriks mengandung elemen yang berhubungan dengan sumber gempa (dx, dy, dz, dan dt) dan koreksi stasiun. Amplitudo dan kehalusan solusi dikontrol oleh dua blok tambahan. Blok pertama adalah matriks diagonal dengan hanya satu elemen di tiap garis dan vektor datanya nol. Peningkatan bobot pada blok ini akan mengurangi amplitudo dari anomali Vp atau Vs. Blok kedua berfungsi untuk mengontrol kehalusan solusi yang dihasilkan.

2.6.3.4 Siklus Iterasi

Tahap pembentukan *grid*, kalkulasi matriks, dan inversi ditampilkan untuk beberapa *grid* dengan orientasi dasar yang berbeda. Hasil anomali untuk semua *grid* akan dikombinasikan dan dikomputasikan dalam *grid* reguler. Model ini akan ditambahkan pada distribusi kecepatan absolut yang digunakan pada iterasi sebelumnya. Siklus iterasi baru akan mengulangi langkah lokasi sumber, kalkulasi matriks, dan inversi (Kaulakov, 2009).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat

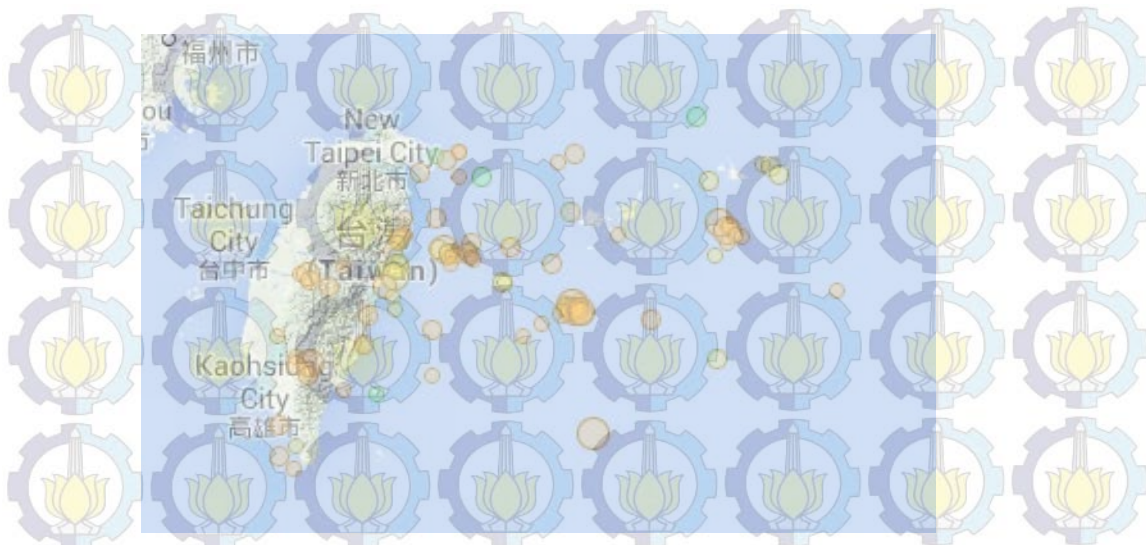
Alat pengolahan data terdiri dari *software* TauP-2.1.1 untuk menghitung estimasi waktu tiba gelombang P (T_p) dan gelombang S (T_s), *software* SeisGram2K60 untuk mendapatkan T_p dan T_s melalui proses *picking*, *software* Hypo71 untuk merelokasi hiposenter sumber gempa, dan *Local Tomography Software* (LOTOS-12) untuk melakukan proses inversi tomografi.

3.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data katalog yang diunduh dari www.iris.edu/wilber3/find_event. Data gempa yang digunakan adalah data yang terekam oleh 7 stasiun pada jaringan *Broadband Array in Taiwan for Seismology* (TW) yang ditunjukkan dengan simbol segitiga berwarna biru pada Gambar 3.1. Jumlah gempa dengan kekuatan > 4.7 SR yang terekam selama rentang waktu 1 Januari 2009 – 31 Desember 2010 sebanyak 98 kejadian seperti tampak pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Letak stasiun pencatat gempa pada jaringan *Broadband Array in Taiwan for Seismology*(www.iris.edu/wilber3/find_event)



Gambar 3.2 Gempa dengan kekuatan > 4.7 SR yang terekam selama rentang waktu 1 Januari 2009 – 31 Desember 2010 (www.iris.edu/wilber3/find_event)

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Studi Literatur

Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan referensi tentang teori-teori pendukung dan penelitian sebelumnya yang relevan di tempat atau regional yang sama.

3.3.2 Picking Data

Picking data menggunakan *software* SeisGram2K60 bertujuan untuk mendapatkan waktu tiba gelombang P (T_p) dan gelombang S (T_s). Waktu tiba gelombang P (T_p) diperoleh dari *picking* yang dilakukan pada komponen vertikal gelombang (BHZ), sedangkan waktu tiba gelombang S diperoleh dari *picking* yang dilakukan pada komponen horizontal *northing* (BHN) atau *easting* (BHE).

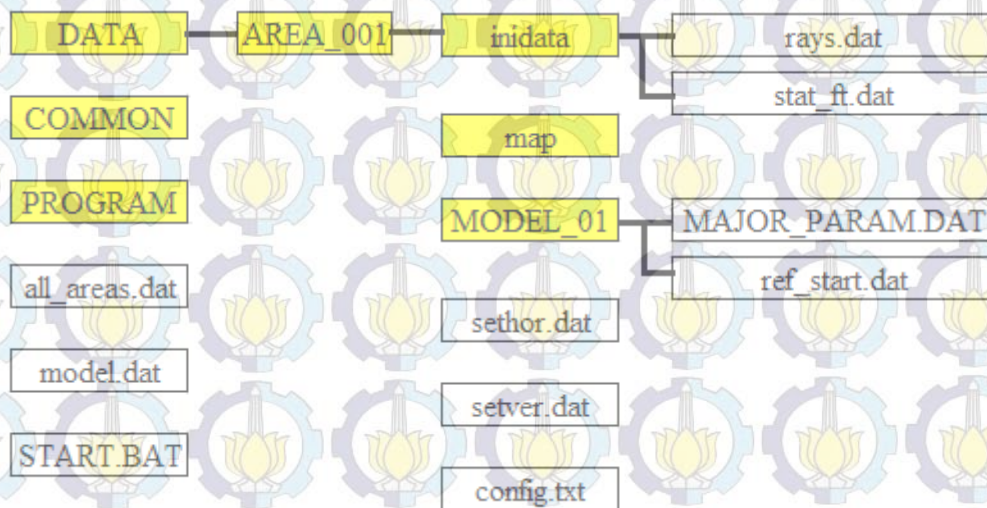
3.3.3 Relokasi Hiposenter

Proses relokasi hiposenter gempa dilakukan menggunakan *software* Hypo71. Dalam *software* ini terdapat tiga jenis *file*, yaitu .INP yang merupakan *input file*, .PRT yang merupakan *output file*, dan .PUN yang merupakan *punch file*. Pada *file* .INP dimasukkan data nama stasiun, *latitude* dan *longitude* stasiun,

model kecepatan bumi yang meliputi kedalaman, kecepatan gelombang P dan S, serta waktu tiba gelombang P dan S. Setelah dilakukan *running*, maka akan didapatkan *output* yang berupa hiposenter gempa hasil relokasi, nilai RMS, serta kualitas solusi hiposenter hasil relokasi.

3.3.4 Inversi Tomografi dengan LOTOS-12

Terdapat beberapa *folder* dan *file* dalam *software* LOTOS-12 yang berhubungan dengan proses *input* data, penentuan parameter, pengaturan *output display*, serta *running* program.



Gambar 3.3 Struktur *folder* (kotak kuning) dan *file* (kotak putih) dalam *software* LOTOS-12 (Kaulakov, 2009)

3.3.4.1 Persiapan Struktur *Input* Data

Proses *input* data yang berupa identitas kejadian gempa dan stasiun dilakukan di dalam *folder* inidata yang terdiri dari dua *file*, yaitu rays.dat dan stat_ft.dat. Identitas tiap kejadian gempa yang berupa *latitude*, *longitude*, kedalaman, serta waktu tiba gelombang diisikan pada *file* rays.dat. Sedangkan untuk *latitude*, *longitude*, kedalaman, dan nama-nama stasiun diisikan pada *file* stat_ft.dat.

3.3.4.2 Penentuan Parameter

Penentuan parameter dilakukan di dalam *folder* MODEL_01 yang terdiri dari dua *file*, MAJOR_PARAM.dat dan ref_start.dat. MAJOR_PARAM.dat mencakup informasi umum, pusat area yang diteliti, orientasi *grid*, parameter model 1D, parameter inversi, parameter untuk lokasi dalam model 1D, parameter untuk model 3D, dan parameter untuk perhitungan dengan tabel referensi. Sedangkan ref_start.dat berisi parameter model kecepatan bumi. Adapun model kecepatan bumi yang digunakan untuk wilayah Taiwan disajikan pada Tabel 3.1. Dimana model kecepatan bumi yang digunakan adalah model kecepatan yang ditentukan dengan menggunakan program VELEST dan hingga kini digunakan oleh *Central Weather Bureau* untuk menentukan lokasi sumber gempa secara rutin (Kissling et al, 1994; Wu et al, 2007).

Tabel 3.1 Model Kecepatan Bumi di Wilayah Taiwan

Kedalaman (km)	Vp(km/s)	Vp/Vs
0	3,90	1,87
2	4,64	1,76
4	5,17	1,72
6	5,22	1,71
9	5,64	1,71
13	6,02	1,73
17	6,30	1,74
21	6,58	1,74
25	6,74	1,74
30	7,11	1,74
35	7,52	1,74
50	7,98	1,73
70	8,25	1,75
90	8,28	1,72
110	8,38	1,73
140	8,40	1,74
200	8,70	1,74
700	9,00	1,73

Sumber: Wu et al, 2007.

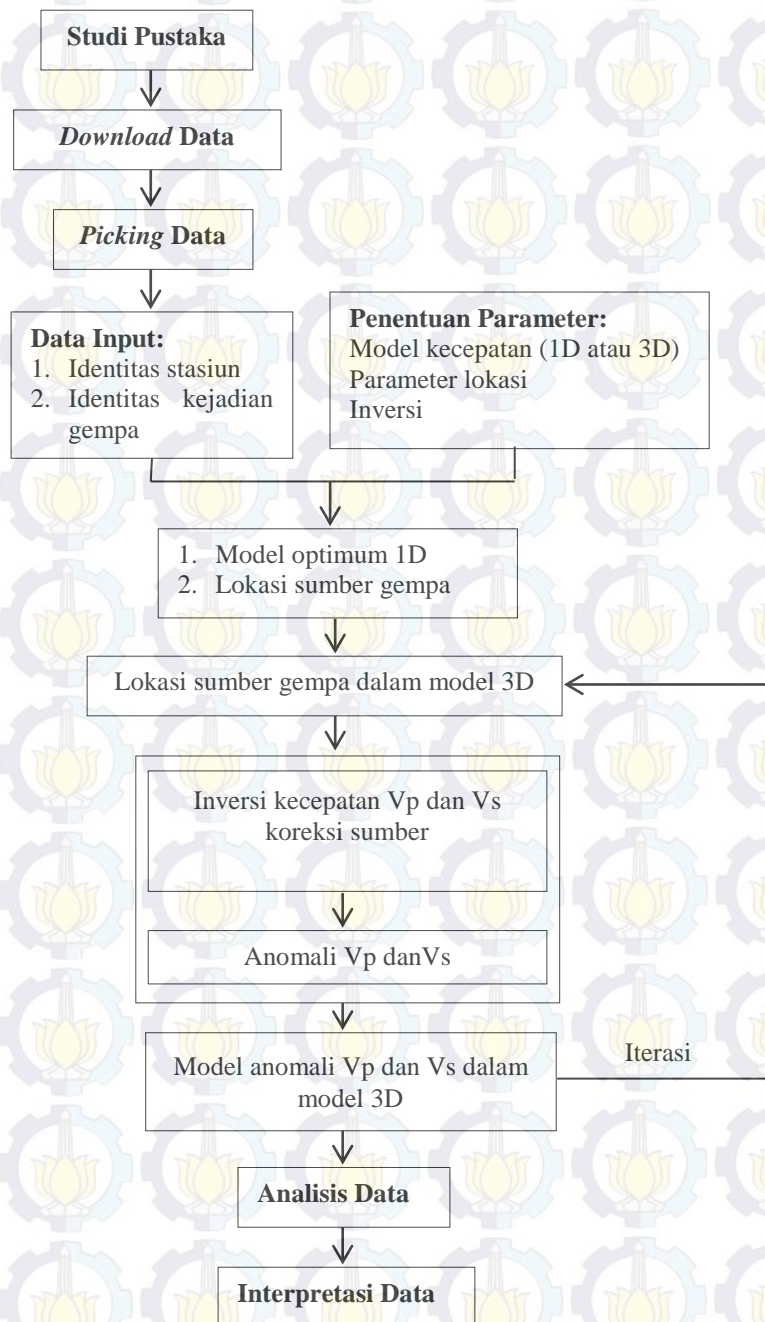
3.3.4.3 Pengaturan Iterasi dan *Output Display*

Pengaturan jumlah iterasi, nama area penelitian, serta parameter model dilakukan pada *file* *all_areas.dat*. Sedangkan untuk pengaturan *output display* yang meliputi ukuran pixel gambar yang dihasilkan, visualisasi penampang vertikal dan horizontal dilakukan dalam *file* *config.txt*, *setver.dat*, dan *serhor.dat*.

3.3.4.4 *Running Program*

Setelah proses *input* data, penentuan parameter, dan pengaturan *outputdisplay* dilakukan, maka program siap dijalankan untuk keseluruhan proses inversi dengan menekan *file* *START.BAT*. Seluruh gambar hasil proses inversi akan tersimpan dalam *folder* *PICS*.

3.4 Rancangan Penelitian



Gambar 3.4 Diagram alur penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Penentuan Identitas Kejadian Gempa dengan Seisgram

Penelitian ini menggunakan data katalog yang diunduh dari www.iris.edu/wilber3/find_event. Data yang digunakan adalah data yang terekam oleh 7 stasiun pada jaringan *Broadband Array in Taiwan for Seismology* (TW) yang tersebar di Taiwan dengan posisi stasiun sebagai berikut:


Tabel 4.1 Identitas stasiun perekaman gempabumi pada jaringan TW

No.	Nama Stasiun	Kode	Latitude	Longitude	Elevation (m)
1	Ninganchiao	NACB	24.17	121.59	130.0
2	YU-LI	YULB	23.39	121.30	294.7
3	YE-HENG, Taoyuan	YHNB	24.67	121.37	775.0
4	TAI-TUNG	TWGB	22.82	121.08	195.0
5	SUANG-LONG	SSLB	23.79	120.95	450.0
6	TA-PU	TPUB	23.30	120.63	370.0
7	Kinmen	KMNB	24.46	118.39	54.0

Data yang diunduh dalam format SAC kemudian diolah menggunakan *software* SeisGram2K60 untuk mendapatkan waktu tiba gelombang P (T_p) dan gelombang S (T_s) melalui proses *picking* manual. Agar mendapatkan waktu tiba gelombang P dan gelombang S secara presisi, maka dilakukan perhitungan estimasi waktu tiba dengan menggunakan *software* TauP-2.1.1. Untuk menjalankan *software* TauP-2.1.1 dibutuhkan data jarak episenter dan kedalaman gempabumi seperti tampak pada Gambar 4.1.

Pada umumnya penentuan waktu tiba gelombang S relatif lebih sulit jika dibandingkan dengan penentuan waktu tiba gelombang P. Oleh karena itu, data estimasi waktu tiba gelombang P dan S dari *software* TauP-2.1.1 akan memudahkan proses *picking* dengan SeisGram2K60. Perangkat lunak Seisgram2K60 merupakan perangkat lunak yang dapat menampilkan gelombang gempa dengan bentuk sinyal tegangan listrik. Waktu tiba gelombang P (T_p)

diperoleh dari *picking* yang dilakukan pada komponen vertikal gelombang (BHZ), sedangkan waktu tiba gelombang S diperoleh dari *picking* yang dilakukan pada komponen horizontal *northing* (BHN) atau *easting* (BHE).

The TauP Toolkit

Time		Pierce	Path			
Dist	Dist (km)	Depth	Name	Time	Ray Par...	Purist Dist
4.26	473.31	41.0	P	62.27	13.735	4.26 =
4.26	473.31	41.0	S	111.33	24.685	4.26 =
4.26	473.31	41.0	PcP	505.64	0.409	4.26 =
4.26	473.31	41.0	ScS	925.88	0.755	4.26 =
4.26	473.31	41.0	PKiKP	988.29	0.095	4.26 =
4.26	473.31	41.0	SKiKS	1407.83	0.107	4.26 =

Model

iasp91

Distance (deg)

4.2566147

Calculate

Phases

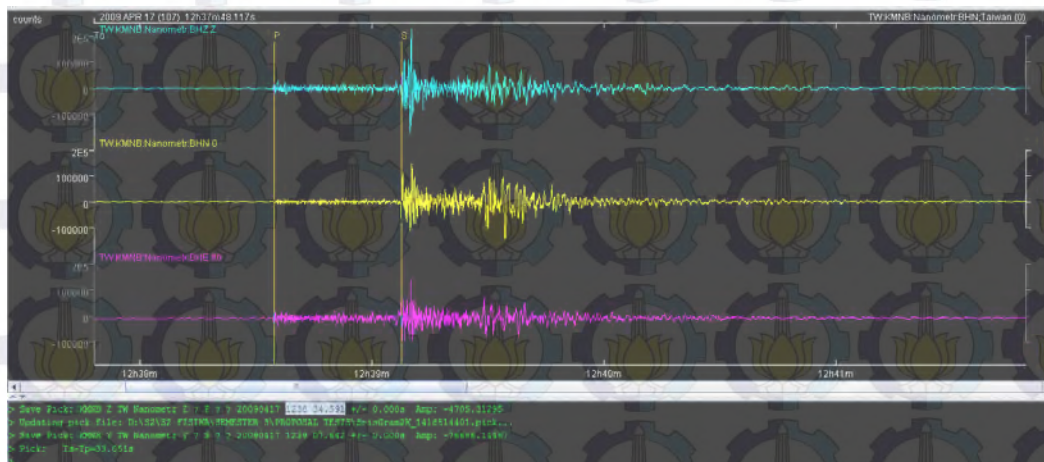
Depth

41

Quit

Gambar 4.1 Perhitungan estimasi waktu tiba gelombang P dan gelombang S

Proses *picking* manual gelombang P dan gelombang S menggunakan *software* Seisgram2K60 berdasarkan bentuk gelombang seperti tampilan berikut:



Gambar 4.2 Analisis gelombang gempa menggunakan Seisgram2K60

4.1.2 Relokasi Hiposenter Menggunakan Hypo71

Dari 98 data kejadian gempa yang terjadi dalam rentang waktu 1 Januari 2009 sampai 31 Desember 2010 hanya 96 data yang dapat dianalisa dengan Seisgram2K60 sedangkan 2 data lainnya tidak dapat digunakan, hal ini dikarenakan kelurusan Seisgram dari gempa yang telah terekam. Data yang didapatkan dari proses *picking* kemudian dijadikan sebagai data masukan pada *software* Hypo71 untuk merelokasi hiposenter gempabumi. Relokasi hiposenter

menggunakan *software* Hypo71 bertujuan mendapatkan posisi hiposenter yang lebih presisi. Distribusi hiposenter yang presisi akan memberikan informasi spasial pada suatu area gempa yang dapat dianalisis lebih lanjut untuk menggambarkan kondisi tektonik suatu area (Ramdhan dan Nugraha, 2012). Hiposenter gempabumi merupakan parameter yang sangat penting untuk diketahui sehingga dapat digunakan untuk mengetahui jenis gempabumi berdasarkan kedalamannya. *Software* Hypo71 membutuhkan data masukan tebakan awal yang berupa nama stasiun, letak stasiun, model kecepatan bumi, dan identitas kejadian gempa yang meliputi tanggal, bulan, tahun, waktu tiba gelombang P dan gelombang S. Nama *file* untuk data masukan ini adalah Hypo71PC.INP kemudian setelah Hypo71PC.EXE dijalankan, maka didapatkan data keluaran dengan nama *file* Hypo71PC.PRT dan Hypo71PC.PUN. Data keluaran tersebut berupa data *latitude*, *longitude*, kedalaman, *origin time*, dan RMS. Hasil relokasi hiposenter gempabumi ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Hiposenter gempabumi sebelum dan sesudah relokasi

No.	Tgl-bl-th	Region	Katalog IRIS			Hypo71		
			Latt (°)	Long (°)	Depth (km)	Latt (°)	Long (°)	Depth (km)
1	03/01/2009	Taiwan	24.2	121.8	15	24.2	121.7	15.8
2	06/01/2009	Southwestern Ryuku Island	24.2	124.1	25	24.0	123.8	29.8
3	19/01/2009	Southwestern Ryuku Island	24.1	125.2	13	23.8	123.8	13.1
4	24/01/2009	Southwestern Ryuku Island	24.8	125.7	41	24.0	123.9	41.3
5	09/02/2009	Taiwan Region	22.7	121.2	16	22.7	121.2	15.2
6	15/03/2009	Taiwan Region	24.7	122.4	20	25.4	123.2	20.6
7	02/04/2009	Southwestern Ryuku Island	23.2	123.1	10	24.0	123.3	11.0
8	02/04/2009	Southwestern Ryuku Island	24.8	125.8	40	24.0	123.8	40.1
9	17/04/2009	Taiwan	23.9	121.8	40	23.9	121.8	39.1
10	29/04/2009	Southwestern Ryuku Island	23.9	123.4	29	23.6	124.8	29.4
11	19/06/2009	Taiwan Region	23.9	122.3	17	24.4	124.2	17.1
12	20/06/2009	Taiwan Region	24	122.5	52	24.2	123.3	52.1

No.	Tgl-bl-th	Region	Katalog IRIS			Hypo71		
			Latt (°)	Long (°)	Depth (km)	Latt (°)	Long (°)	Depth (km)
13	24/06/2009	Taiwan Region	24	122.3	31	24.0	122.4	30.1
14	24/06/2009	Taiwan Region	24	122.3	30	24.0	122.3	30.4
15	28/06/2009	Taiwan	24.2	121.8	16	24.2	121.5	16.8
16	28/06/2009	Taiwan	24.2	121.8	17	24.2	121.7	16.8
17	03/07/2009	Taiwan Region	24	122.4	17	24.1	122.2	17.6
18	03/07/2009	Taiwan Region	24	122.3	25	24.1	122.4	25.5
19	07/07/2009	Taiwan Region	23.9	122.5	16	23.9	122.7	15.7
20	13/07/2009	Taiwan Region	24	122.2	33	24.1	122.4	32.5
21	13/07/2009	Taiwan Region	24.1	122.2	24	24.0	122.7	23.5
22	16/07/2009	Taiwan Region	24	122.3	33	24.0	122.2	33.8
23	16/07/2009	Taiwan Region	24	122.3	30	24.1	122.2	31.1
24	26/07/2009	Taiwan	23.4	121.4	16	23.4	121.3	15.9
25	26/07/2009	Taiwan	23.7	121	19	23.7	121.0	16.9
26	29/07/2009	Taiwan	22	120.5	19	21.5	120.3	18.4
27	05/08/2009	Southwestern Ryuku Island	24.3	125.2	31	24.0	125.7	30.6
28	08/08/2009	Southwestern Ryuku Island	24.3	125.2	24	23.9	123.1	24.8
29	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.4	123.7	25	23.3	124.1	22.5
30	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.4	123.6	18	23.3	123.5	18.3
31	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	22	23.4	123.4	22.6
32	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	14	23.5	123.1	14.6
33	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.5	21	23.5	123.0	20.8
34	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.4	123.5	28	23.3	123.6	28.2
35	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	15	23.3	124.2	15.1
36	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	20	23.1	125.0	20.5
37	20/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.5	33	23.7	122.5	32.7
38	21/08/2009	Taiwan	22.3	120.5	29	21.9	120.4	30.0

No.	Tgl-bl-th	Region	Katalog IRIS			Hypo71		
			Latt (°)	Long (°)	Depth (km)	Latt (°)	Long (°)	Depth (km)
39	07/09/2009	Southeast Of Ryuku Island	23.6	126.4	15	23.4	121.3	15.1
40	12/09/2009	Taiwan Region	24	122.5	18	23.9	122.5	16.9
41	30/09/2009	Southwestern Ryuku Island	23.4	124.4	31	23.4	124.2	31.8
42	03/10/2009	Taiwan	23.7	121.6	25	23.6	121.6	25.6
43	11/10/2009	Taiwan Region	21.9	120.6	33	22.1	120.4	32.8
44	22/10/2009	Taiwan Region	22.6	121.5	116	22.5	121.8	115.4
45	05/11/2009	Taiwan	23.8	120.7	27	23.8	120.7	25.9
46	05/11/2009	Taiwan	23.8	120.8	24	23.8	120.8	22.2
47	05/11/2009	Taiwan	23.8	120.8	24	23.8	121.0	24.1
48	15/11/2009	Taiwan Region	25	122.2	132	25.0	122.1	130.3
49	28/11/2009	Southwestern Ryuku Island	24.4	123.6	14	24.3	123.8	14.5
50	19/12/2009	Taiwan	23.8	121.7	50	23.8	121.8	45.8
51	12/01/2010	Southwestern Ryuku Island	24.9	123.4	30	24.4	122.3	29.5
52	16/01/2010	Southwestern Ryuku Island	24	125.1	54	23.8	124.1	53.5
53	19/01/2010	Taiwan	23.8	121.7	41	23.8	121.8	41.2
54	07/02/2010	Southwestern Ryuku Island	23.4	123.7	23	23.4	123.0	22.6
55	12/02/2010	Taiwan	23.9	121.2	21	24.0	121.0	20.6
56	22/02/2010	Taiwan Region	24.1	122.9	26	24.0	122.8	26.1
57	26/02/2010	Taiwan Region	23.7	122.9	40	25.6	118.4	40.1
58	26/02/2010	Taiwan Region	23.7	122.9	38	23.7	122.7	38.8
59	04/03/2010	Taiwan Region	22.8	122.1	16	22.9	122.1	16.9
60	04/03/2010	Taiwan	23	120.6	18	23.0	120.5	17.5
61	04/03/2010	Taiwan	22.9	120.7	27	22.9	120.5	26.9
62	04/03/2010	Taiwan	22.9	120.8	27	22.9	120.6	26.6
63	10/03/2010	Southwestern Ryuku Island	23.3	123.3	30	23.4	122.9	29.8
64	26/03/2010	Taiwan	24.1	121.7	68	24.1	121.7	67.0
65	11/04/2010	Taiwan Region	23.3	122.1	31	23.3	122.0	31.3
66	13/04/2010	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	29	23.4	123.1	28.9
67	13/04/2010	Taiwan	23.1	121.4	16	23.1	121.3	15.1

No.	Tgl-bl-th	Region	Katalog IRIS			Hypo71		
			Latt (°)	Long (°)	Depth (km)	Latt (°)	Long (°)	Depth (km)
68	25/04/2010	Southwestern Ryuku Island	24.7	125	58	24.0	123.9	58.5
69	26/04/2010	Southeast Of Taiwan	22.2	123.8	23	23.0	122.4	23.3
70	15/06/2010	Taiwan	24	121.7	25	24.0	121.6	24.9
71	27/06/2010	Taiwan Region	25	122.4	16	25.2	122.5	16.0
72	30/06/2010	Southeast Of Taiwan	23	125.2	34	23.3	123.0	32.3
73	02/07/2010	Taiwan	22.9	120.8	19	22.7	120.6	19.7
74	08/07/2010	Taiwan Region	24.3	122.1	26	24.3	122.2	25.6
75	09/07/2010	Taiwan Region	24.8	122.6	127	24.5	122.9	128.8
76	17/07/2010	Taiwan	23.5	121.7	53	23.5	121.6	52.6
77	25/07/2010	Taiwan	22.8	120.8	33	22.8	120.5	33.4
78	27/07/2010	Taiwan Region	25	122.4	12	25.6	123.0	13.5
79	21/08/2010	Taiwan	23.6	121.7	33	23.6	121.5	32.3
80	21/08/2010	Taiwan	24.8	122	14	24.9	121.9	14.1
81	30/08/2010	Taiwan Region	24.9	122.3	17	25.2	122.4	16.7
82	23/09/2010	Southwestern Ryuku Island	24.9	125.6	49	24.0	123.7	48.1
83	27/09/2010	Southwestern Ryuku Island	25	123.6	25	24.5	122.8	23.9
84	28/09/2010	Taiwan	24.1	121.8	14	24.1	121.7	13.9
85	02/10/2010	Taiwan	24.3	121.8	17	24.4	121.7	15.8
86	04/10/2010	Southwestern Ryuku Island	24.2	125.4	22.8	23.8	123.6	22.1
87	04/10/2010	Southwestern Ryuku Island	24.2	125.2	33	23.9	124.1	30.0
88	05/10/2010	Southwestern Ryuku Island	24.2	125.3	27.5	23.8	123.7	28.7
89	08/10/2010	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.7	23.4	23.6	123.7	23.5
90	11/10/2010	Northeast of Taiwan	25.3	124.9	102.7	24.3	123.4	102.1
91	18/10/2010	Southwestern Ryuku Island	24.3	125.3	29.2	23.9	123.8	29.5
92	08/11/2010	Taiwan	23.2	120.5	18.7	23.2	120.4	18.5
93	12/11/2010	Taiwan Region	24.1	122.5	30.1	24.1	122.5	30.2
94	12/11/2010	Taiwan	22.1	120.6	35.2	22.1	120.5	34.8
95	21/11/2010	Taiwan	23.9	121.7	51.1	23.8	121.8	57.5
96	26/11/2010	Taiwan	24.2	121.8	13.9	24.2	121.8	14.0

Selain data hiposenter, data keluaran yang dihasilkan oleh *software* Hypo71 adalah *origin time* dan RMS yang ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Origin time* dan RMS hasil relokasi

No.	Tgl-bl-th	Region	<i>Origin Time</i>		RMS
			IRIS	HYPO71	
1	03/01/2009	Taiwan	22:04:35	22:04:35.43	0.73
2	06/01/2009	Southwestern Ryuku Island	03:37:41	03:37:44.09	0.92
3	19/01/2009	Southwestern Ryuku Island	17:07:44	17:08:00.48	0.62
4	24/01/2009	Southwestern Ryuku Island	02:38:57	02:39:16.00	0.51
5	09/02/2009	Taiwan Region	21:24:36	21:24:34.98	0.54
6	15/03/2009	Taiwan Region	23:20:23	23:20:08.31	0.19
7	02/04/2009	Southwestern Ryuku Island	08:39:57	08:40:02.31	0.53
8	02/04/2009	Southwestern Ryuku Island	08:39:33	08:39:54.23	0.57
9	17/04/2009	Taiwan	12:37:48	12:37:47.77	0.58
10	29/04/2009	Southwestern Ryuku Island	17:21:58	17:21:36.42	0.39
11	19/06/2009	Taiwan Region	10:30:07	10:29:40.11	0.55
12	20/06/2009	Taiwan Region	03:44:29	03:44:14.06	0.50
13	24/06/2009	Taiwan Region	22:10:52	22:10:50.18	0.71
14	24/06/2009	Taiwan Region	21:09:54	21:09:52.21	0.75
15	28/06/2009	Taiwan	09:52:46	09:52:47.74	0.51
16	28/06/2009	Taiwan	09:34:57	09:34:57.38	0.29
17	03/07/2009	Taiwan Region	05:20:50	05:20:52.27	0.46
18	03/07/2009	Taiwan Region	09:50:35	09:50:34.19	0.94
19	07/07/2009	Taiwan Region	16:59:05	16:59:01.78	0.41
20	13/07/2009	Taiwan Region	20:28:54	20:28:50.93	0.83
21	13/07/2009	Taiwan Region	18:05:02	18:04:55.57	0.62
22	16/07/2009	Taiwan Region	18:42:49	18:42:49.45	0.49
23	16/07/2009	Taiwan Region	10:48:15	10:48:15.92	0.66

No.	Tgl-bl-th	Region	Origin Time		RMS
			IRIS	HYPO71	
24	26/07/2009	Taiwan	06:10:59	06:10:59.72	0.54
25	26/07/2009	Taiwan	01:00:13	01:00:12.30	0.42
26	29/07/2009	Taiwan	16:53:05	16:52:55.46	0.41
27	05/08/2009	Southwestern Ryuku Island	00:17:59	00:17:50.86	0.56
28	08/08/2009	Southwestern Ryuku Island	05:44:13	05:44:40.43	0.65
29	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	10:15:07	10:14:59.31	0.41
30	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	10:10:56	10:10:55.71	0.34
31	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	00:05:48	00:05:46.70	0.34
32	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	16:35:42	16:35:44.94	0.46
33	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	13:41:24	13:41:26.33	0.46
34	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23:47:57	23:47:50.74	0.45
35	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	01:47:52	01:47:41.0	0.60
36	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	13:17:37	13:17:15.48	0.21
37	20/08/2009	Southwestern Ryuku Island	14:18:12	14:18:22.37	0.44
38	21/08/2009	Taiwan	20:57:45	20:57:39.40	0.50
39	07/09/2009	Southeast Of Ryuku Island	14:42:23	14:43:26.58	0.37
40	12/09/2009	Taiwan Region	12:05:23	12:05:23.15	0.62
41	30/09/2009	Southwestern Ryuku Island	05:54:01	05:54:00.80	0.23
42	03/10/2009	Taiwan	17:36:05	17:36:05.93	0.59
43	11/10/2009	Taiwan Region	06:42:09	06:42:06.93	0.20
44	22/10/2009	Taiwan Region	23:05:04	23:05:04.10	0.91
45	05/11/2009	Taiwan	09:38:07	09:38:07.20	0.47
46	05/11/2009	Taiwan	11:34:21	11:34:21.58	0.74
47	05/11/2009	Taiwan	09:32:57	09:32:59.34	0.18
48	15/11/2009	Taiwan Region	14:47:49	14:47:49.80	0.40
49	28/11/2009	Southwestern Ryuku Island	05:39:25	05:39:20.44	0.35
50	19/12/2009	Taiwan	13:02:16	13:02:14.99	0.54

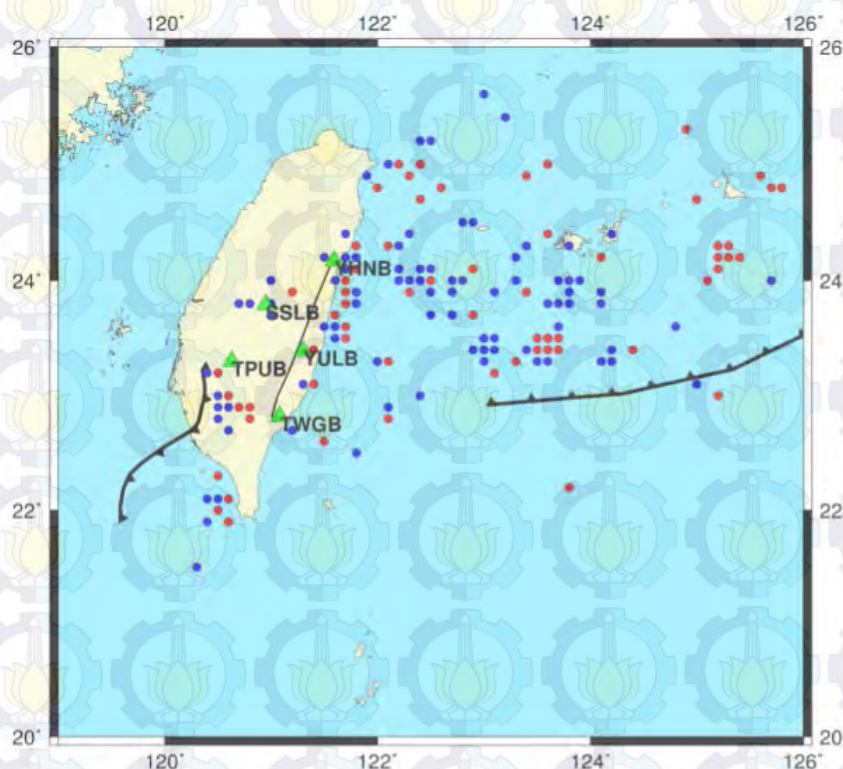
No.	Tgl-bl-th	Region	Origin Time		RMS
			IRIS	HYPO71	
51	12/01/2010	Southwestern Ryuku Island	00:16:24	00:16:37.62	0.94
52	16/01/2010	Southwestern Ryuku Island	22:04:53	22:05:00.97	0.63
53	19/01/2010	Taiwan	06:09:26	06:09:25.07	0.63
54	07/02/2010	Southwestern Ryuku Island	06:10:00	06:10:06.07	0.52
55	12/02/2010	Taiwan	02:42:38	02:42:38.21	0.66
56	22/02/2010	Taiwan Region	05:21:04	05:21:04.86	0.44
57	26/02/2010	Taiwan Region	05:38:17	05:37:52.16	0.51
58	26/02/2010	Taiwan Region	01:07:58	01:07:57.81	0.53
59	04/03/2010	Taiwan Region	07:07:13	07:07:12.96	0.43
60	04/03/2010	Taiwan	00:24:46	00:24:46.25	0.51
61	04/03/2010	Taiwan	08:16:17	08:16:15.40	0.53
62	04/03/2010	Taiwan	00:18:52	00:18:51.25	0.61
63	10/03/2010	Southwestern Ryuku Island	06:28:00	06:27:59.25	0.53
64	26/03/2010	Taiwan	23:07:54	23:07:54.10	0.36
65	11/04/2010	Taiwan Region	04:57:30	04:57:29.99	0.43
66	13/04/2010	Southwestern Ryuku Island	21:43:55	21:43:55.82	0.49
67	13/04/2010	Taiwan	20:49:09	20:49:08.11	0.54
68	25/04/2010	Southwestern Ryuku Island	20:43:58	20:44:09.68	0.49
69	26/04/2010	Southeast Of Taiwan	02:59:52	03:00:09.62	0.87
70	15/06/2010	Taiwan	00:31:18	00:31:17.55	0.51
71	27/06/2010	Taiwan Region	20:33:27	20:33:25.66	0.90
72	30/06/2010	Southeast Of Taiwan	22:34:32	22:34:55.35	0.65
73	02/07/2010	Taiwan	19:11:32	19:11:30.94	0.43
74	08/07/2010	Taiwan Region	19:43:37	19:43:35.09	0.77
75	09/07/2010	Taiwan Region	00:41:19	00:41:18.84	0.22
76	17/07/2010	Taiwan	09:04:17	09:04:17.67	0.51
77	25/07/2010	Taiwan	03:52:11	13:02:14.99	0.55
78	27/07/2010	Taiwan Region	00:54:57	03:52:10.74	0.62
79	21/08/2010	Taiwan	16:38:00	00:54:46.94	0.58

No.	Tgl-bl-th	Region	Origin Time		RMS
			IRIS	HYPO71	
80	21/08/2010	Taiwan	18:48:02	16:38:00.33	0.74
81	30/08/2010	Taiwan Region	08:45:10	18:47:57.74	0.61
82	23/09/2010	Southwestern Ryuku Island	19:47:59	08:45:07.16	0.70
83	27/09/2010	Southwestern Ryuku Island	15:49:21	19:48:20.52	0.75
84	28/09/2010	Taiwan	15:33:53	15:49:32.41	0.66
85	02/10/2010	Taiwan	19:23:12	17:33:52.13	0.80
86	04/10/2010	Southwestern Ryuku Island	14:58:59	19:23:11.12	0.03
87	04/10/2010	Southwestern Ryuku Island	13:28:38	14:59:18.04	0.69
88	05/10/2010	Southwestern Ryuku Island	13:03:50	13:28:56.68	0.52
89	08/10/2010	Southwestern Ryuku Island	16:39:12	13:04:09.45	0.20
90	11/10/2010	Northeast of Taiwan	23:16:37	16:39:09.13	0.60
91	18/10/2010	Southwestern Ryuku Island	21:23:55	23:16:57.34	0.64
92	08/11/2010	Taiwan	13:01:21	21:24:12.54	0.08
93	12/11/2010	Taiwan Region	13:08:49	13:01:21.16	0.57
94	12/11/2010	Taiwan	15:39:01	13:08:51.02	0.17
95	21/11/2010	Taiwan	12:31:45	15:38:58.16	0.59
96	26/11/2010	Taiwan	15:33:44	12:31:44.16	0.68

Berdasarkan Tabel 4.2 gempa bumi yang terjadi pada rentang waktu 1 Januari 2009 sampai 31 Desember 2010 didominasi oleh gempa bumi dangkal yang memiliki kedalaman kurang dari 60 km, yaitu 91 kejadian gempa dengan kedalaman 10-98 km, sedangkan 5 gempa lainnya termasuk dalam jenis gempa bumi menengah dengan kedalaman 68-132 km. Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa hasil relokasi hiposenter memiliki nilai RMS antara 0.08-0.94%. RMS itu sendiri dalam penelitian ini merupakan *error* atau kesalahan residual waktu dalam satuan sekon. Nilai RMS tersebut menunjukkan kualitas data hasil relokasi, data dikategorikan memiliki kualitas A jika $RMS < 0.15$, kualitas B jika $RMS < 0.30$, kualitas C jika $RMS < 0.50$, dan jika nilai $RMS > 0.50$ maka data tersebut memiliki kualitas D. Berdasarkan Tabel 4.3 terdapat 2 data berkualitas A,

9 data berkualitas B, 24 data berkualitas C, sedangkan 61 data lainnya berkualitas D.

Hasil relokasi hiposenter menggunakan Hypo71 dapat dipetakan dengan menggunakan *Generic Mapping Tools* (GMT) seperti tampak pada Gambar 4.3. Pada Gambar 4.3 lingkaran merah merupakan hiposenter sebelum relokasi dan lingkaran biru merupakan hiposenter hasil relokasi. Sumbu X dari gambar tersebut adalah batas *longitude* dalam satuan derajat dan sumbu Y adalah batas *latitude*. Adanya perbedaan hiposenter dapat dijadikan sebagai acuan dalam melakukan interpretasi zona patahan atau zona subduksi melalui tren posisi hiposenter jika dilihat secara vertikal (Hirose et al., 2008). Dari persebaran gempa yang tampak secara vertikal dapat diketahui kluster yang menandakan zona patahan yang selanjutnya dapat membangun sebuah gempa (Ishida et al., 1988).



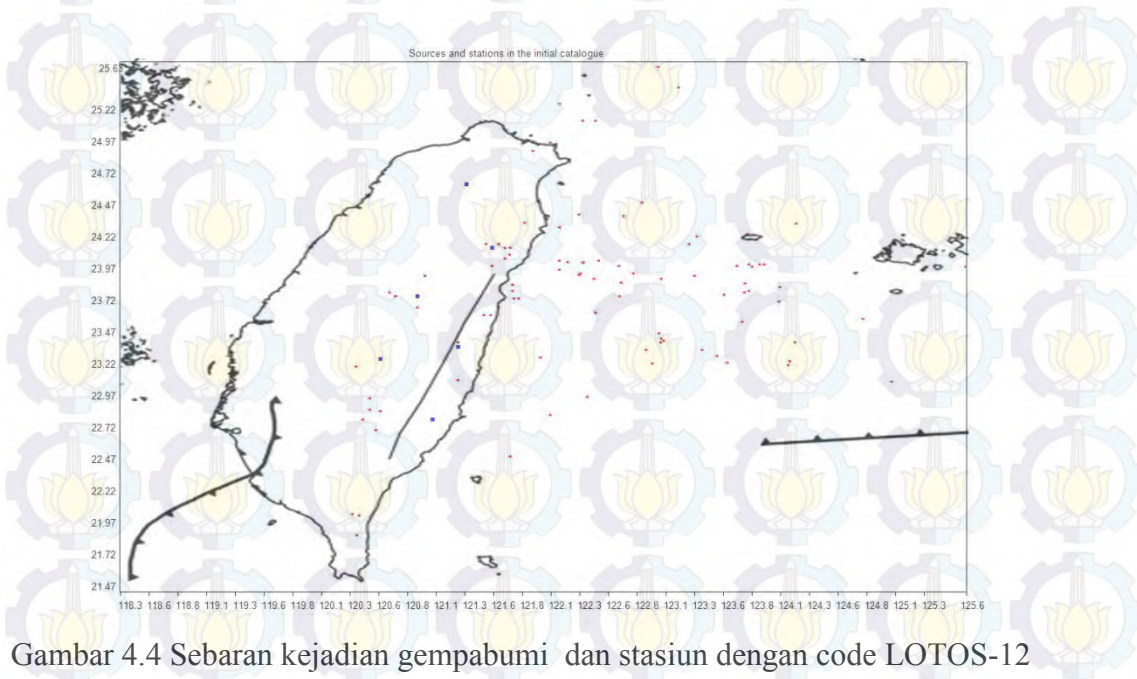
Gambar 4.3. Posisi episenter sebelum (lingkaran merah) dan setelah relokasi (lingkaran biru)

Dari Gambar 4.3 tampak bahwa sebaran posisi hiposenter setelah dilakukan relokasi menunjukkan kondisi yang sesuai dengan struktur tektonik

daerah tersebut, dimana sebagian gempa hasil relokasi berada di sepanjang Palung Ryuku dan Palung Manila, serta di daerah patahan aktif yang berada di pulau utama Taiwan. Gempa di wilayah timur Taiwan di sepanjang Palung Ryuku disebabkan Lempeng Laut Filipina menumbuk kearah utara di bawah Lempeng Eurasia. Sedangkan di wilayah barat daya, tingkat seismisitas dipengaruhi oleh Lempeng Eurasia yang menumbuk sepanjang Palung Manila di bawah Lempeng Laut Filipina. Sedangkan gempa yang terjadi di pulau utama Taiwan disebabkan adanya dua patahan aktif yaitu Patahan Lishan dan Lichi Melange yang terdapat di Longitudinal Valley. Patahan Lishan terletak diantara Hsuehshan Range dan Central Range yang termasuk dalam jenis patahan normal. Lichi Melange merupakan bagian dari subduksi kompleks di sisi barat bekas busur gunung api dari subduksi Laut Cina Selatan.

Hasil ini sesuai dengan penelitian Zhuang et al yang menyatakan bahwa zona yang memiliki tingkat seismisitas tinggi merupakan zona dengan akumulasi *stress* tinggi pada batas tektonik, seperti zona patahan pada bagian timur Longitudinal Valley dan wilayah utara Palung Ryuku, yang membentang di batas Lempeng Eurasia dan menumbuk Lempeng Laut Filipina.

Gambar 4.4 menunjukkan sebaran posisi kejadian gempabumi dan stasiun perekam setelah pengolahan data menggunakan *software* LOTOS-12.



Gambar 4.4 Sebaran kejadian gempabumi dan stasiun dengan code LOTOS-12

Dengan mengolah data waktu tiba gelombang P dan gelombang S hasil *picking* dan *origin time* hasil relokasi, didapatkan nilai waktu tempuh gelombang P dan gelombang S yang selanjutnya digunakan sebagai data masukan untuk melakukan proses inversi tomografi dengan *software* LOTOS-12. Pada Gambar 4.4 titik merah mewakili sebaran kejadian gempa sedangkan titik biru mewakili stasiun perekam.

4.2 Analisa Distribusi Kecepatan 3 Dimensi

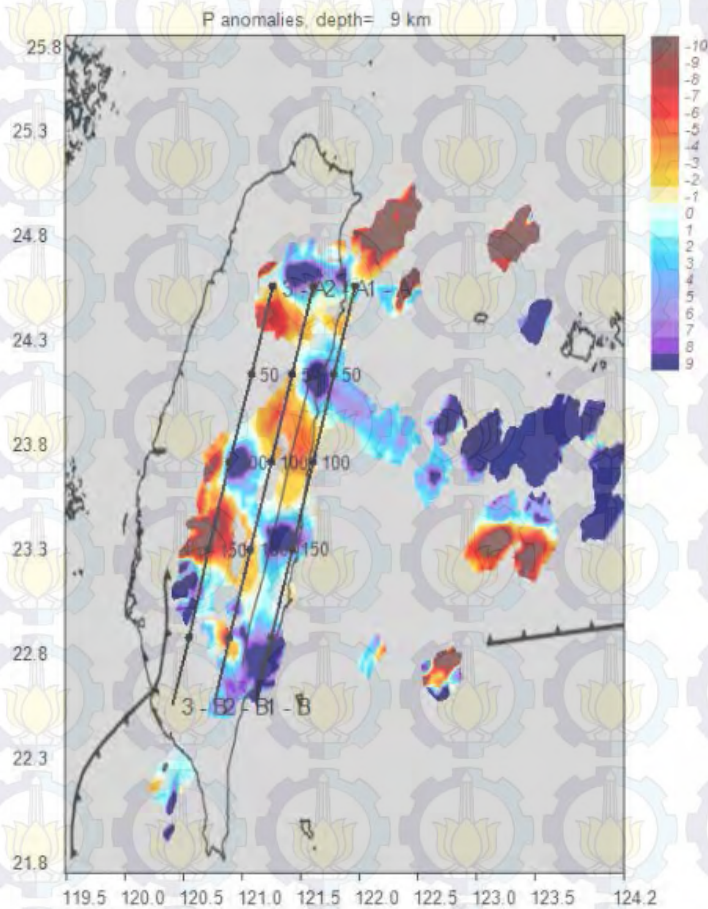
Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan perangkat lunak LOTOS-12, setelah melalui proses inversi dengan dua kali iterasi, jumlah *event* menjadi 93 dengan jumlah gelombang P dan gelombang S masing-masing 633 dan 625 gelombang. Proses inversi tomografi menghasilkan penampang bawah permukaan wilayah Taiwan yang diwakili oleh citra distribusi anomali V_p , V_s , dan V_p/V_s . Citra distribusi anomali V_p dan V_s ditampilkan dalam besaran persentase deviasi dengan satuan besaran deviasi adalah km/detik. Harga anomali deviasi terletak antara -10% sampai +10%. Warna merah tua mewakili anomali negatif maksimum dan warna biru tua mewakili anomali positif maksimum.

Citra tomogram V_p/V_s ditampilkan tanpa satuan, besaran V_p/V_s tergantung pada estimasi kecepatan gelombang P dan gelombang S. Warna biru tua mewakili V_p/V_s minimum dan warna merah tua mewakili V_p/V_s maksimum. V_p/V_s yang bernilai tinggi sering dikaitkan dengan retakan pada batuan yang berisi fluida dan tingginya tingkat saturasi air (Moos and Zoback, 1983). Sedangkan V_p/V_s rendah dikaitkan dengan batuan kering yang terisi oleh gas. Batuan yang banyak terisi fluida akan menimbulkan perubahan tekanan pori yang akan berujung pada retakan dan selanjutnya akan berkontribusi pada kejadian gempabumi.

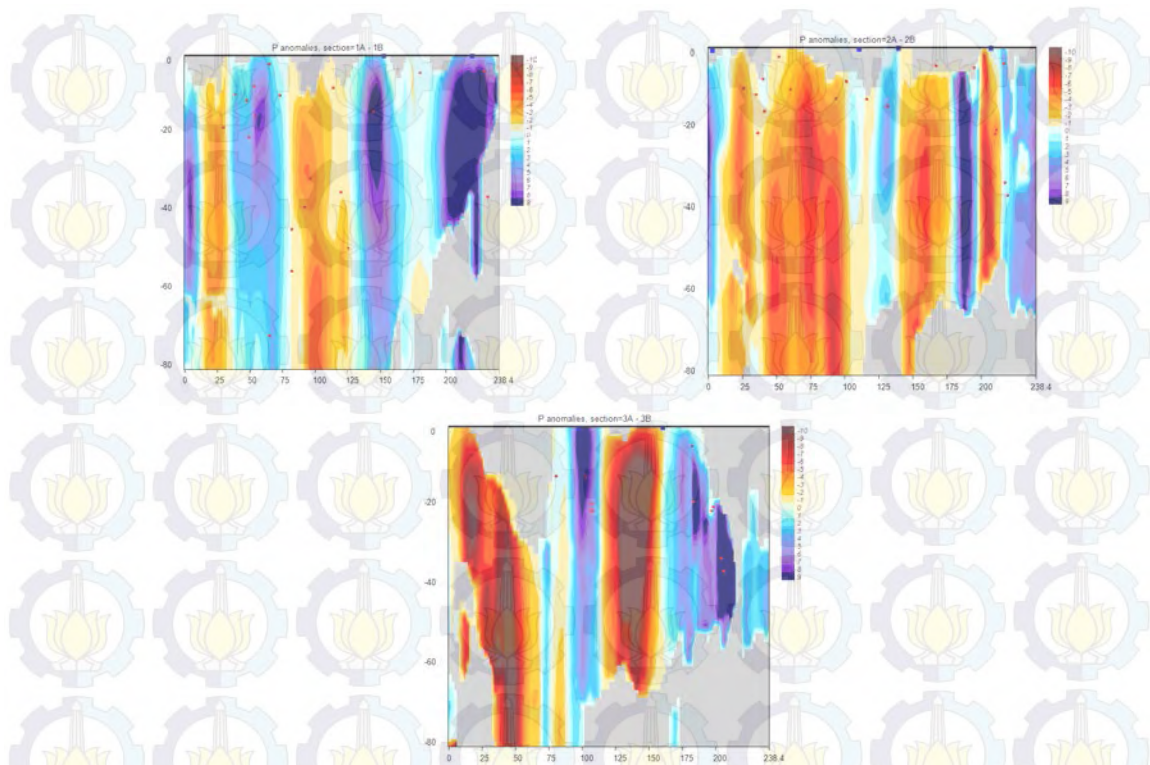
Citra distribusi anomali V_p , V_s , dan V_p/V_s ditampilkan dalam beberapa sayatan, baik sayatan horizontal maupun vertikal. Untuk sayatan horizontal, diambil 9 titik yang mewakili yaitu pada kedalaman 9 km, 13 km, 17 km, 21 km, 25 km, 30 km, 35 km, 50 km, dan 70 km. Sedangkan pada sayatan vertikal diwakili oleh 3 sayatan seperti tampak pada Gambar 4.5. Sayatan-sayatan ini dipilih untuk memudahkan proses analisa posisi kejadian gempa dan struktur

bawah permukaan wilayah Taiwan. Selain itu, pemilihan sayatan horizontal juga berdasarkan pada model kecepatan yang digunakan seperti yang disajikan pada Tabel 3.1.

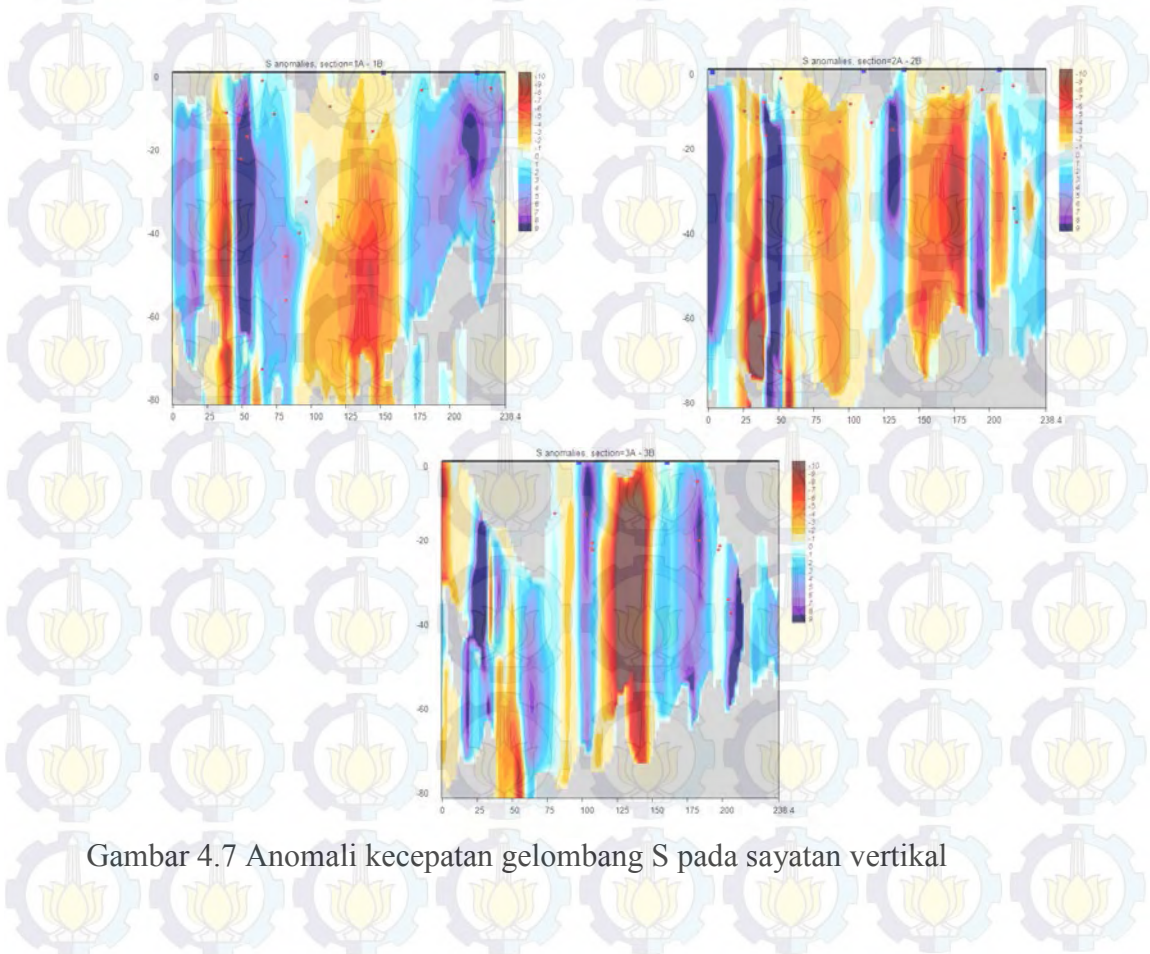
Pada sayatan horizontal distribusi anomali Vp dan Vs pada kedalaman 35 km, 50 km, dan 70 km kurang teresolusi dengan baik, resolusi yang kurang baik ini dikarenakan sedikitnya jumlah jejak sinar atau banyaknya arah perambatan jejak sinar yang sama. Pada kedalaman 9 km, 13 km, 17 km, 21 km, 25 km, dan 30 km distribusi anomali Vp dan Vs cukup jelas terlihat karena data gempa yang digunakan didominasi oleh gempa dangkal. Dapat dilihat pula bahwa resolusi citra distribusi anomali Vs kurang baik dibandingkan dengan Vp, hal ini dikarenakan jumlah gelombang S yang terbaca lebih sedikit dibandingkan dengan gelombang P.



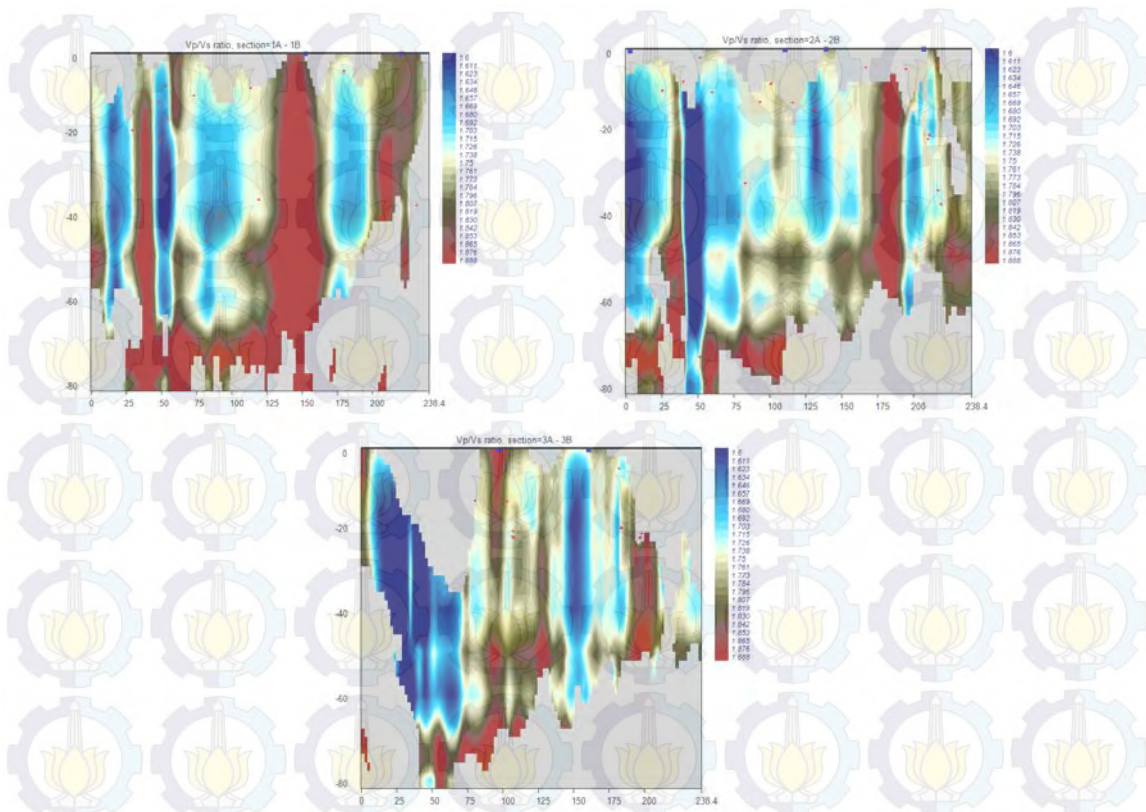
Gambar 4.5 Garis *cross section* untuk menampilkan distribusi kecepatan pada sayatan vertikal



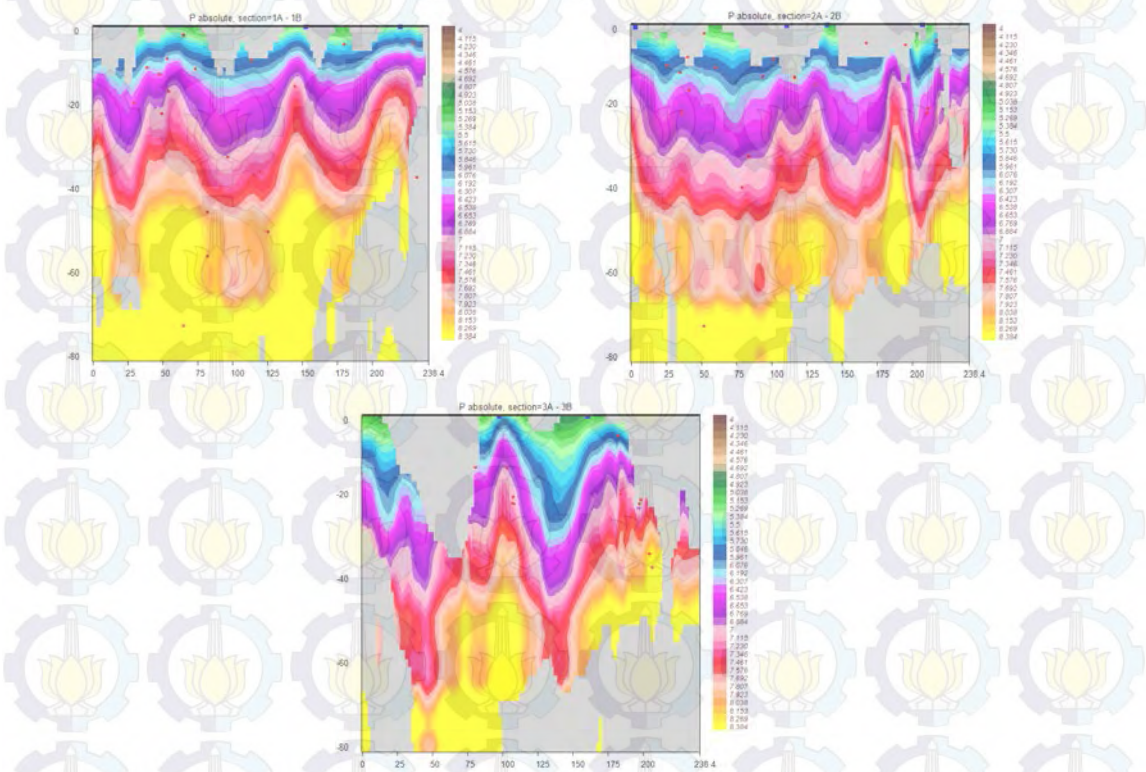
Gambar 4.6 Anomali kecepatan gelombang P pada sayatan vertikal



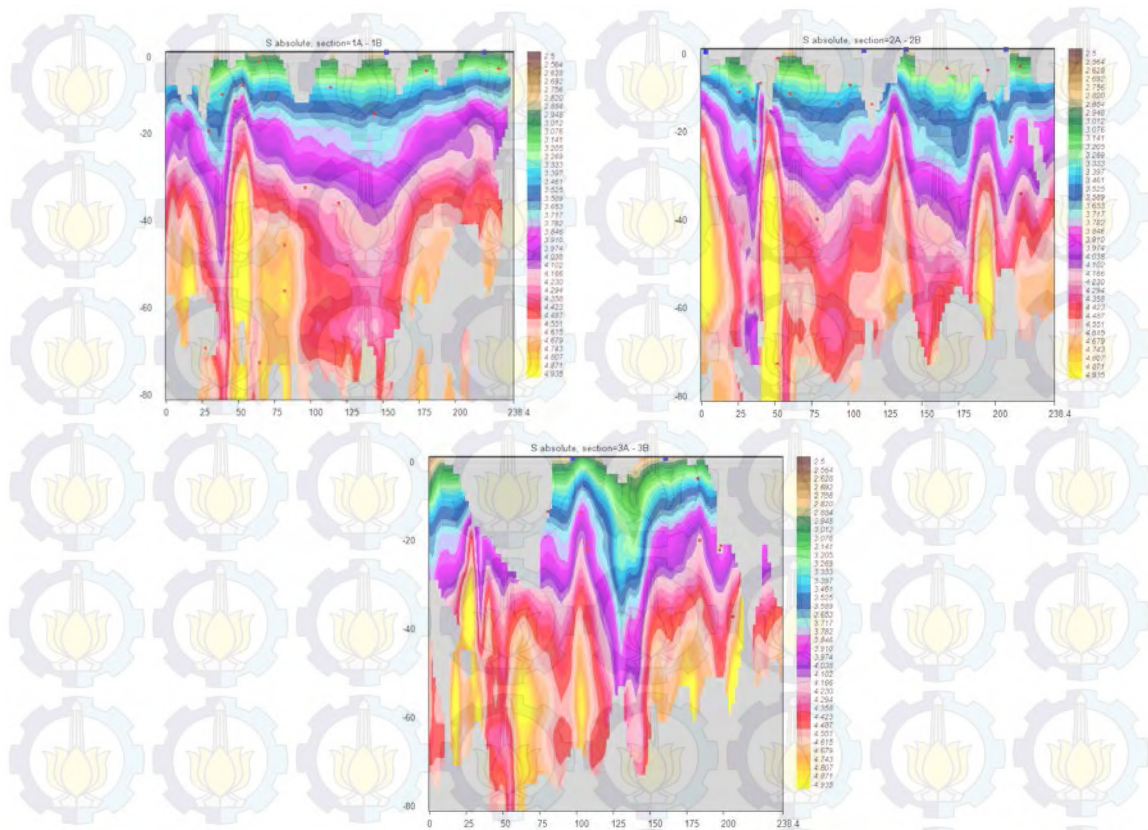
Gambar 4.7 Anomali kecepatan gelombang S pada sayatan vertikal



Gambar 4.8 Anomali rasio Vp/Vs pada sayatan vertikal



Gambar 4.9 Anomali kecepatan absolut gelombang P pada sayatan vertikal



Gambar 4.10 Anomali kecepatan absolut gelombang S pada sayatan vertikal

Profil sayatan 1A – 1B melewati Coastal Range dan Taiwan bagian timur. Pada Gambar 4.6 dan 4.7 terlihat adanya anomali negatif pada sayatan V_p dan V_s serta pada Gambar 4.8 terlihat adanya nilai V_p/V_s tinggi. Nilai V_p dan V_s rendah serta V_p/V_s tinggi ini berhubungan dengan batuan afinitas busur Luzon, yaitu batuan vulkanik dan banyaknya jumlah batuan sedimen muda di Coastal Range. Struktur V_p/V_s tinggi juga mengindikasikan adanya zona patahan dan merefleksikan keberadaan fluida (Wu et al, 2007). Anomali negatif lebih mencerminkan daerah lemah yang biasanya diduga berkaitan langsung dengan peningkatan fluida dan pelelehan slab subduksi yang disebabkan fase transisi (Suantika, 2009). Dari Gambar 4.6 dan 4.7 terlihat bahwa di Taiwan bagian timur didominasi oleh anomali V_p dan V_s positif. Anomali positif ini menunjukkan batas barat dari Lempeng Laut Filipina, dengan Longitudinal Valley sebagai daerah penghubung. Sisi timur dari Longitudinal Valley merupakan zona yang memiliki anomali V_p positif dan V_p/V_s tinggi dengan seismisitas yang tinggi (Wu et al, 2007). Kontras nilai kecepatan absolut gelombang P yang ditunjukkan oleh

Gambar 4.9 menguatkan dugaan bahwa lapisan Moho di Coastal Range berada di kedalaman antara 34-43 km, dengan kecepatan Moho sebesar 8,52 km/s (Ma dan Song, 1997). Karena gelombang S memiliki resolusi yang kurang bagus, maka citra distribusi anomali kecepatan absolut gelombang P dan gelombang S cukup sulit untuk dibandingkan.

Profil sayatan 2A – 2B melewati Central Range. Gambar 4.9 menampilkan kontras kecepatan gelombang P yang jelas terlihat di bawah kedalaman 20 km, hal ini menguatkan dugaan bahwa di Central Range lapisan Moho berada pada kedalaman 20 km dan terus turun hingga kedalaman 60 km (Yeh et al, 1998; Kim et al, 2005; Wu et al, 2007). Hal ini menunjukkan adanya penebalan kerak di Central Range (Rau et al, 1995; Wu et al, 2007). Pada Gambar 4.6 dan 4.7 terlihat adanya anomali negatif serta tingkat seismisitas yang cukup tinggi, hal ini berhubungan dengan zona patahan aktif yang berada di batas barat Central Range, yaitu Patahan Lishan yang termasuk dalam jenis patahan normal. Anomali negatif ini juga mungkin dihasilkan dari intrusi panas dari mantel samudera atas dari Lempeng Laut Filipina (Ma et al, 1996). Struktur V_p/V_s rendah seperti yang tampak pada Gambar 4.8 mengindikasikan bahwa dasar dari Central Range tersusun atas batuan granit (Wu et al, 2007).

Profil sayatan 3A – 3B melewati Western Foothills. Pada Gambar 4.8 terlihat adanya anomali negatif V_p dan V_s serta nilai V_p/V_s yang rendah, hal ini menunjukkan bahwa daerah western Foothills tersusun atas batuan sedimen Neogen. Tingkat seismisitas pada sayatan 3A – 3B relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan tingkat seismisitas pada sayatan 1A – 1B dan 2A -2B. Rau et al menyatakan bahwa jumlah gempa bumi yang terjadi di Taiwan bagian barat relatif lebih sedikit. Kontras nilai kecepatan absolut gelombang P yang ditunjukkan oleh Gambar 4.9 menguatkan dugaan bahwa lapisan Moho di Western Foothills berada di kedalaman antara 25-35 km (Ma dan Song, 1997).

Berdasarkan Gambar 4.9 dan 4.10 anomali kecepatan absolut gelombang P dan gelombang S dapat dilihat bahwa karakter penjalaran gelombang P dan gelombang S terdapat sedikit perbedaan dimana karakter gelombang P lebih mampu menjalar pada semua medium sedangkan karakter gelombang S tidak mampu menjalar pada medium fluida. Walaupun demikian secara umum

penampang yang dihasilkan menunjukkan kemiripan struktur batuan di wilayah Taiwan.

Pada sayatan horizontal seperti tampak pada Gambar 4.11, 4.12, dan 4.13 di lapisan dangkal atau kedalaman <10 km ditemukan anomali Vp dan Vs negatif serta struktur Vp/Vs rendah di Western Foothills yang mengindikasikan bahwa Western Foothills tersusun dari batuan sedimen Neogen (Ma et al, 1996; Wu et al, 2007).

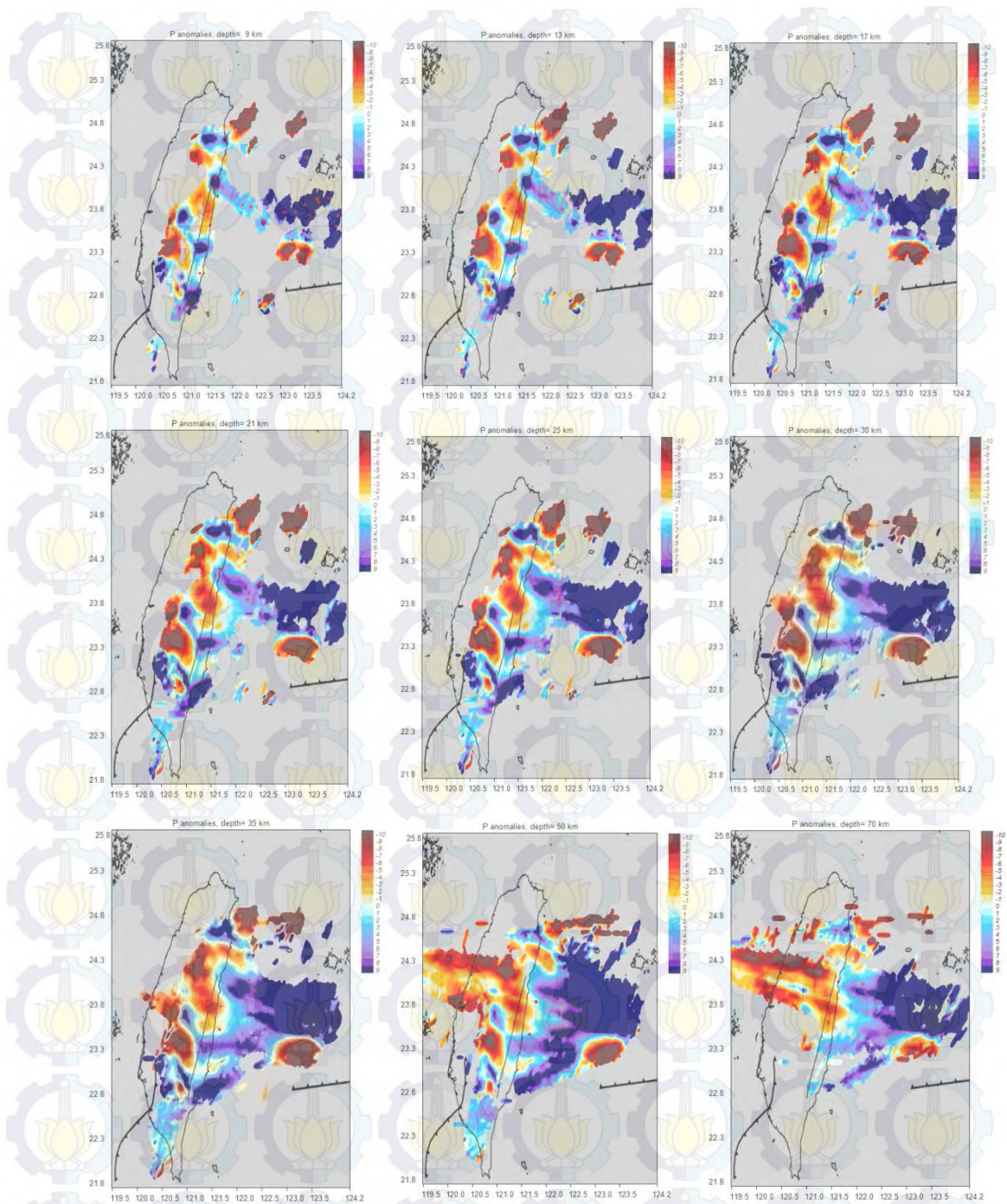
Anomali Vp dan Vs negatif juga ditemukan di utara Taiwan mulai dari kedalaman 9 km dan masih terlihat jelas hingga kedalaman 35 km. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ma et al (1996) yang menyebutkan bahwa anomali Vp dan Vs negatif berhubungan dengan kelompok vulkanik Tatun dan Chilungshan. Anomali negatif Vp dan Vs negatif juga disebabkan oleh sisa efek aktivitas vulkanik di masa lalu. Menurut Hasegawa et al (1993), daerah vulkanik aktif umumnya ditandai dengan zona kecepatan rendah. Selain itu, anomali negatif juga berhubungan dengan efek geotermal yang mereduksi kecepatan gelombang P.

Struktur Vp/Vs tinggi ditemukan di Coastal Range, Taiwan bagian timur pada kedalaman 13-30 km yang mengindikasikan adanya fluida di lapisan kerak bumi disepanjang zona patahan utama di daerah penghubung, dalam hal ini adalah Longitudinal Valley.

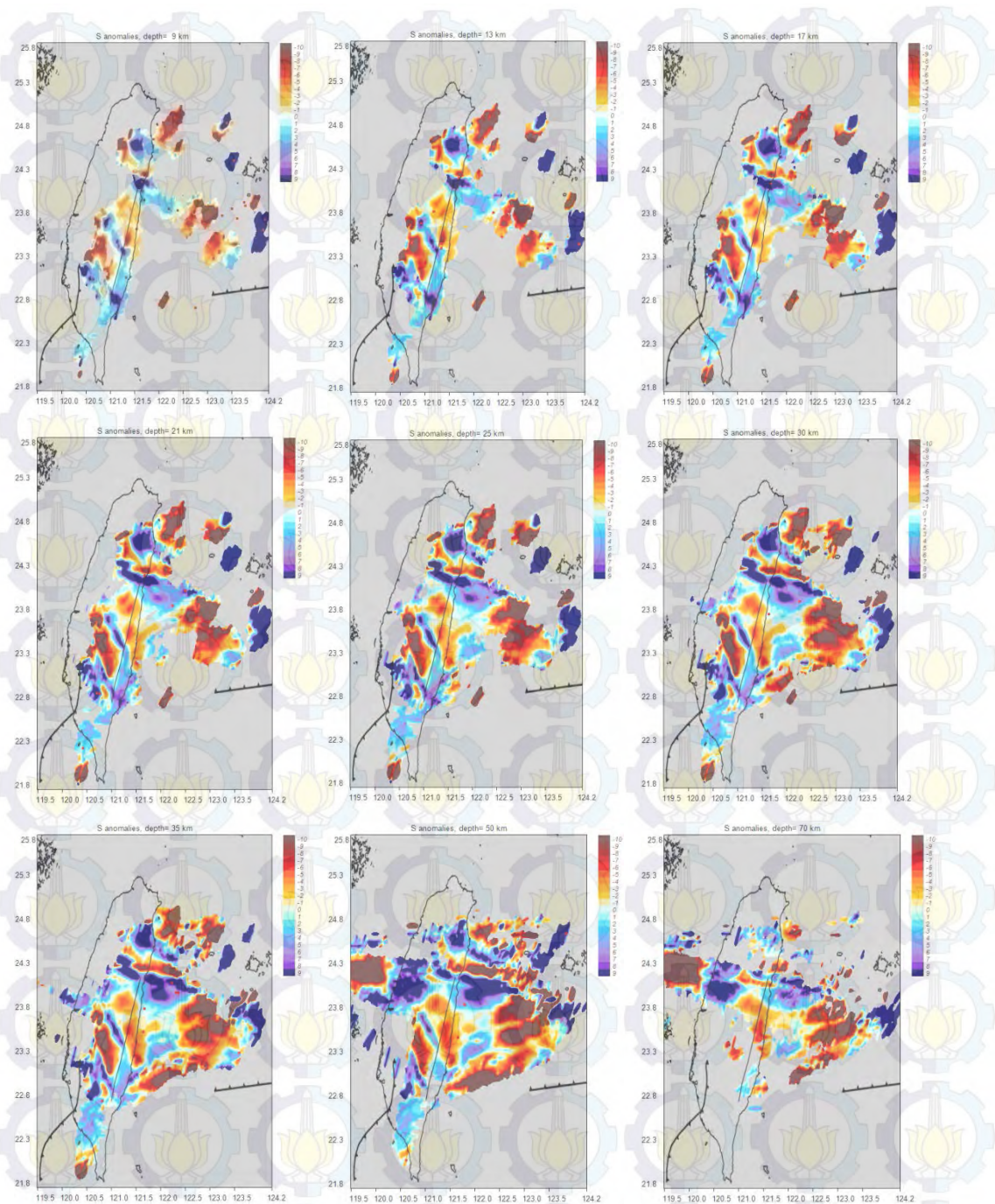
Longitudinal Valley merupakan daerah penghubung antara Central Range di bagian barat dan Coastal Range di bagian timur. Dari Gambar 4.11 dan 4.12 jelas terlihat batas antara anomali negatif dan anomali positif di Longitudinal Valley. Anomali positif dibagian timur berkorelasi dengan kerak samudera dari Lempeng Laut Filipina. Sedangkan anomali negatif di Central Range muncul karena adanya perbedaan batuan penyusun dasar dari Central Range dengan Lempeng Laut Filipina. Perbedaan anomali yang cukup signifikan menguatkan dugaan bahwa Longitudinal Valley merupakan daerah penghubung. Struktur Vp/Vs rendah di Central Range mengindikasikan bahwa batuan pembentuk dasar dari Central Range merupakan batuan granit (Wu et al, 2007).

Seismisitas disekitar Palung Ryuku cukup tinggi karena merupakan zona subduksi antara Lempeng Laut Filipina dan Lempeng Eurasia. Dari Gambar 4.11 tampak bahwa di daerah tersebut terdapat anomali positif Vp. Sebaliknya, Gambar

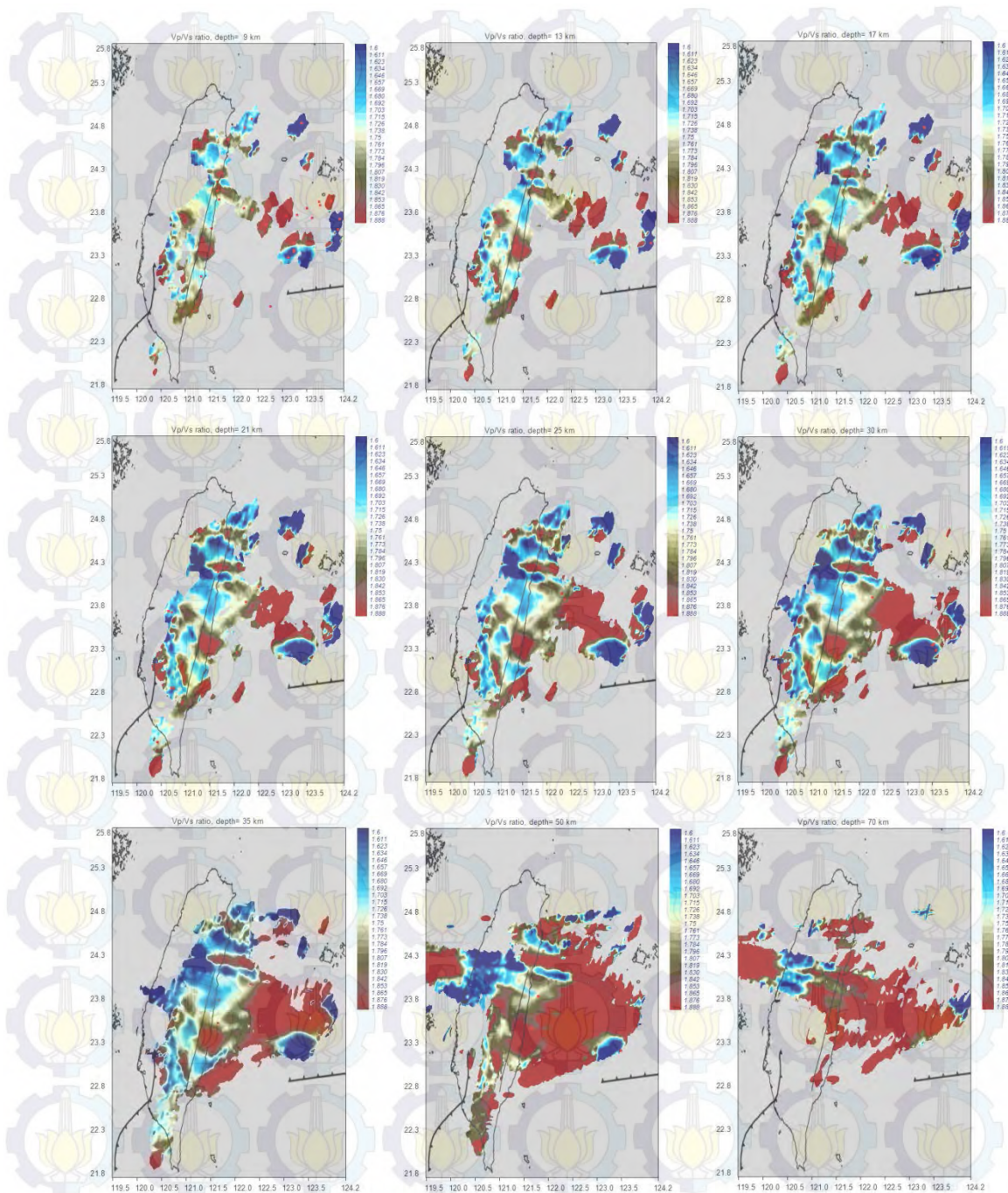
4.12 menampilkan anomali negatif V_s pada daerah tersebut. Perbedaan pola distribusi anomali V_p dan V_s ini disebabkan resolusi gelombang P dan gelombang S yang kurang baik. Pada umumnya penentuan waktu tiba gelombang S relatif lebih sulit jika dibandingkan dengan penentuan waktu tiba gelombang P. Zona subduksi disepanjang Palung Ryuku juga ditandai dengan struktur V_p/V_s tinggi. Struktur V_p/V_s tinggi menunjukkan tingkat seismisitas yang tinggi pula, hal ini terbukti dari banyaknya kejadian gempa yang terjadi di wilayah ini.



Gambar 4.11 Distribusi anomali kecepatan gelombang P pada sayatan horizontal. Dari kiri atas ke kanan berturut-turut pada kedalaman 9 km, 13 km, 17 km, 21 km, 25 km, 30 km, 35 km, 50 km, dan 70 km

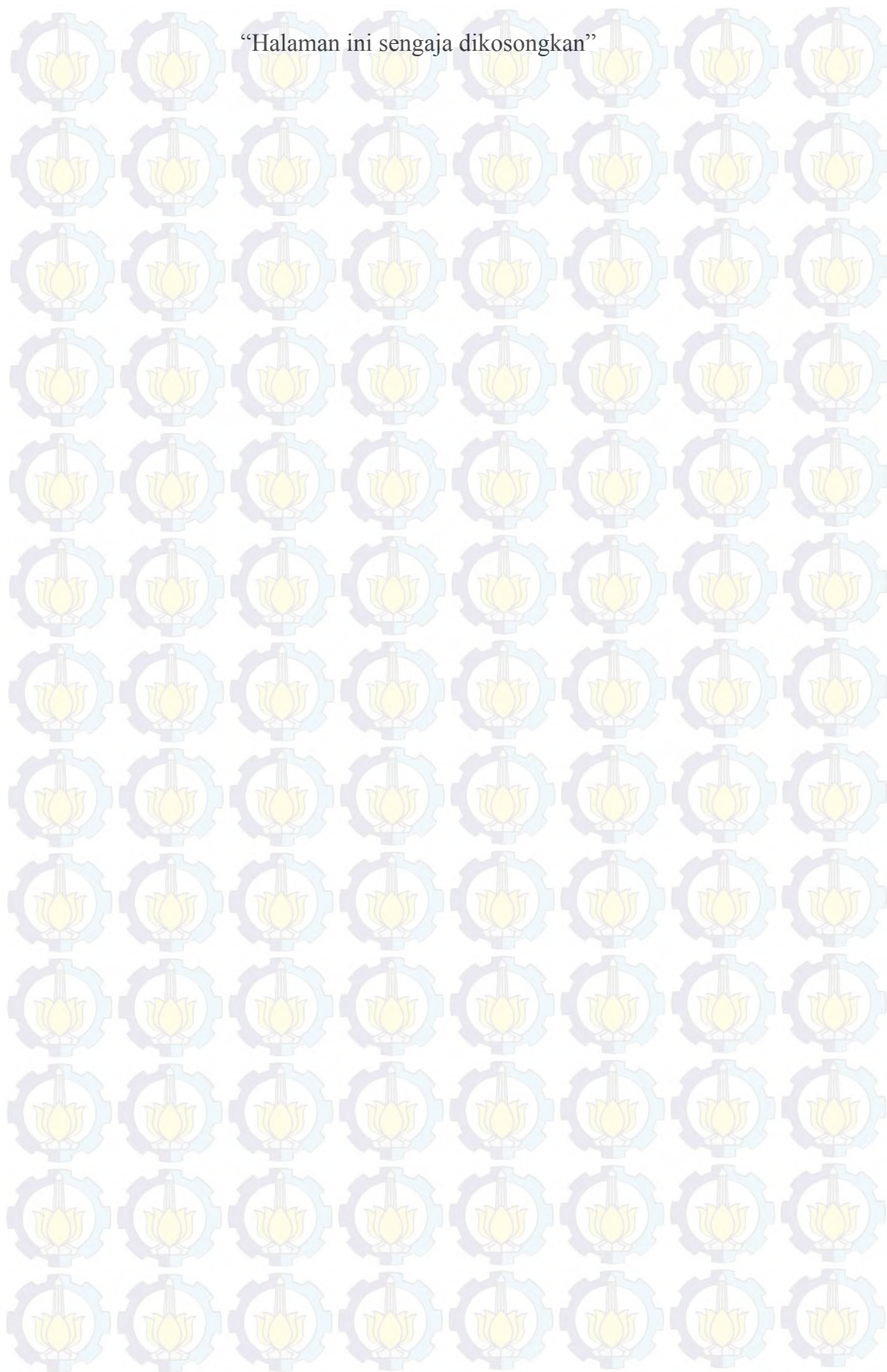


Gambar 4.12 Distribusi anomali kecepatan gelombang S pada sayatan horizontal. Dari kiri atas ke kanan berturut-turut pada kedalaman 9 km, 13 km, 17 km, 21 km, 25 km, 30 km, 35 km, 50 km, dan 70 km



Gambar 4.13 Distribusi anomali Vp/Vs pada sayatan horizontal. Dari kiri atas ke kanan berturut-turut pada kedalaman 9 km, 13 km, 17 km, 21 km, 25 km, 30 km, 35 km, 50 km, dan 70 km

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

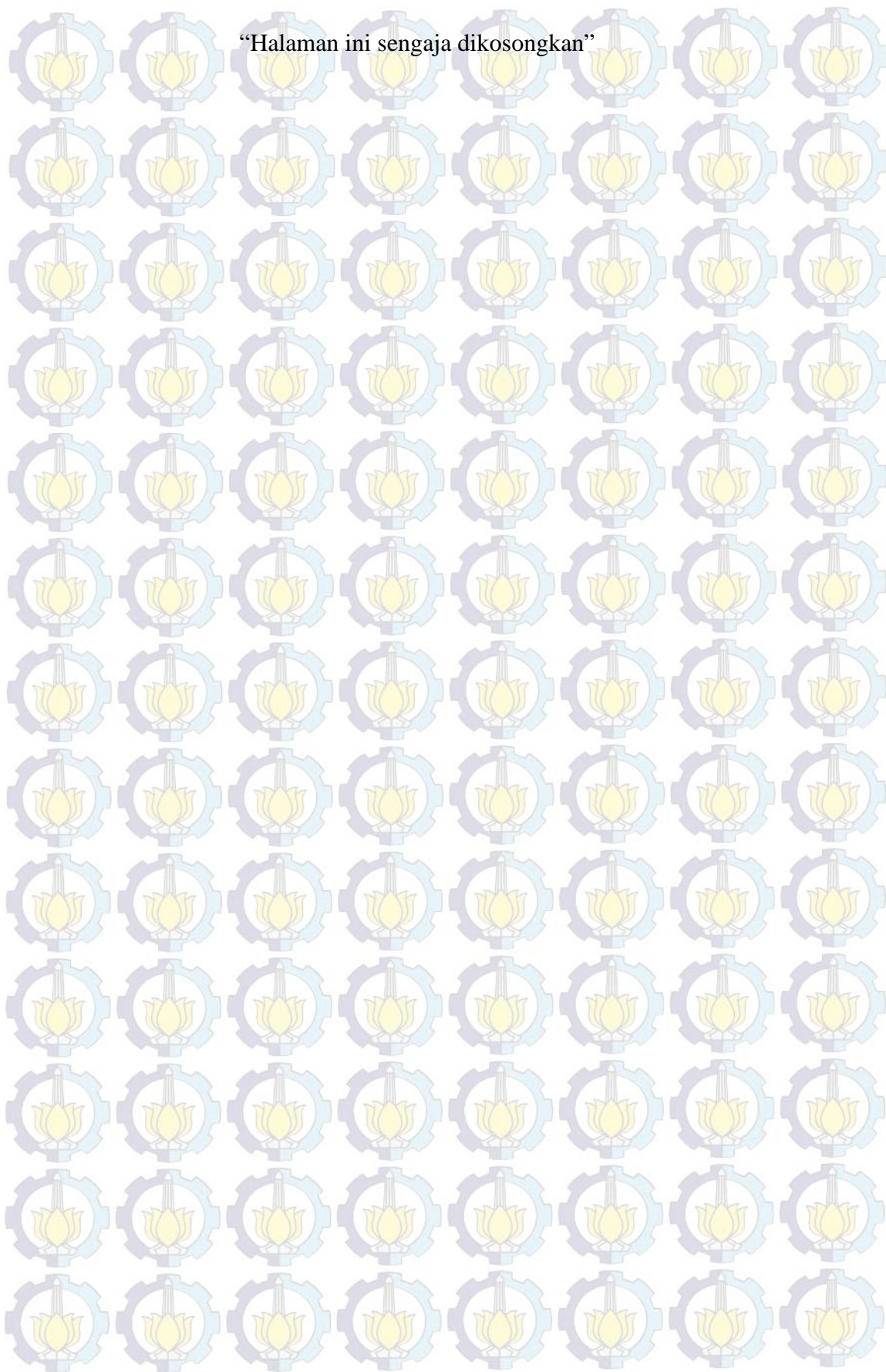
Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Setelah melalui proses inversi dengan dua kali iterasi, jumlah *event* menjadi 93 dengan jumlah gelombang P dan gelombang S masing-masing 633 dan 625 gelombang.
2. Taiwan bagian timur didominasi oleh anomali Vp dan Vs positif. Anomali positif ini menunjukkan batas barat dari Lempeng Laut Filipina, dengan Longitudinal Valley sebagai daerah penghubung. Anomali negatif serta tingkat seismisitas yang cukup tinggi di Central Range berhubungan dengan zona patahan aktif, yaitu Patahan Lishan. Anomali negatif ini juga mungkin dihasilkan dari intrusi panas dari mantel samudera atas dari Lempeng Laut Filipina. Anomali negatif Vp dan Vs menunjukkan bahwa daerah Western Foothills tersusun atas batuan sedimen Neogen.
3. Struktur Vp/Vs tinggi di Coastal Range menunjukkan banyaknya jumlah batuan vulkanik dan batuan sedimen muda serta mengindikasikan adanya zona patahan dan merefleksikan keberadaan fluida di daerah tersebut. Struktur Vp/Vs rendah di Central Range mengindikasikan bahwa dasar dari Central Range tersusun atas batuan granit. Struktur Vp/Vs rendah di Western Foothills yang mengindikasikan bahwa Western Foothills tersusun dari batuan sedimen Neogen.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis yaitu perlu adanya penambahan jumlah data gempa yang mempunyai distribusi sinar yang merata dan jumlah stasiun pencatat gempa untuk mendapatkan resolusi citra tomografi yang lebih baik dan dilakukan pengujian dengan data sintesis.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR PUSTAKA

Admiranto, A. Gunawan (2009), *Menjelajahi Tata Surya*, Kanisius, Yogyakarta.

Ernst, W. G., Ho, C. S., and Liou, J. G. (1985), "Rifting, drifting, and crustal accretion in the Taiwan sector of the Asiatic continental margin, in Howell, D. G., ed., *Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region*", *Earth Science Series*, no. 1, pp. 375-389.

Geiger, L. (1912), "Herdbestimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten, K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen", 4, pp. 331-349.

Hasegawa, A. H., A. Yamamoto, D. Zhao, S. Hori, and S. Horiuchi (1993), "Deep structure of arc volcanoes as inferred from seismic observations," *Philosophical Transactions: Physical Sciences and Engineering*, vol. 342, pp. 167-178.

Hirose, F., Nakajima, J., Hasegawa, A. (2008), "Three Dimensional Fine Velocity Structure and Configuration of The Philippine Sea Slab in Soutwestern Japan Estimated by Double-Difference Tomography", *Journal Journal of Geophysical Research Solid Earth*, vol.113, pp. 1978-2012.

Ishida, M., Hasemi, A.H. (1988), "Three Dimentional Velocity Structure and Hypocentral Distribution of Earthquake Beneath Tokai Distric Japan", *Journal of Geophysical Research*, vol.93, pp. 2076-2094.

Kim, K. H., J. M. Chiu, J. Pujol, K. C. Chen, B. S. Huang, Y. H. Yeh, and P. Shen (2005), "Three-dimensional Vp and Vs structural model associated with the active subduction and collision tectonics in the Taiwan region," *Geophysical Journal International*, vol. 162, pp. 204– 220.

Kissling, E., W. L. Ellsworth, D. Eberhart-Phillips, and U. Kradolfer (1994), "Initial reference models in local earthquake tomography", *Journal of Geophysical Research*, vol. 99, no. 19, pp. 635–19,646.

Koulakov, I. (2009), "LOTOS Code for Local Earthquake Tomographic Inversion. Benchmarks for testing tomographic algorithms". *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 99, no. 1, pp. 194-214.

Koulakov, I dan S.V. Sobolev (2006), "A Tomographic Image of Indian Lithosphere Break-off beneath the Pamir Hindukush Region", *Geophysical Journal International*, vol.164, pp.425-440.

Lan, C. Y., Chen, C. H., Chen, C. H., Chung, S. L., Lee, T., Lee, C. M. W., dan Yu, T. F. (1996), "The crustal evolution of continental Taiwan", *Journal of the Geological Society of China*, vol. 39, no. 3, pp. 337-353.

- Lay, T dan Wallace, Terry C. (1995), *Modern Global Seismology*, Academic Press, Amerika.
- Lee, W.H.K., Lahr, J.C. (1972). *Hypo71 (Revised): A Computer Program For Determining Hypocenter Magnitudo and First Motion Pattern of Local Earthquakes*. US Departement of The Geology Survey National Center for Earthquake Center.
- Liao, Y. C., S. K. Hsu, C. H. Chang, W. B. Doo, M. Y. Ho, C. L. Lo, and C. S. Lee (2008), "Seismic tomography off SW Taiwan: A joint inversion from OBS and onshore data of 2006 Pingtung aftershocks", *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Science*, vol.19, no. 6, pp. 729-741.
- M. Ramdhan dan A. D. Nugraha (2012), "Studi Kegempaan Area Selat Sunda dan Sekitarnya Berdasarkan Hasil Relokasi Hiposenter Menggunakan Metoda Double-Difference", *JTM*, vol. XIX, no.4, pp. 184-189.
- Ma, K. F., J. H. Wang, and D. Zhao (1996), "Three-dimensional seismic velocity structure of the crust and uppermost mantle beneath Taiwan," *Journal of Physics of The Earth*, vol. 44, no. 2, pp. 85– 105.
- Ma, K. F., and Song, D. R. (1997), "Pn velocity and Moho depth in Taiwan", *Journal of the Geological Society of China*, vol. 40, no. 1, pp. 167-184.
- Manzella, A. (1990), *Geophysics Methods in Geothermal Exploration*, Italian National Research Council International Institute for Geothermal Research Pisa, Italy.
- Monalia, P.D. (2011), *Analisis Model Kecepatan Berdasarkan Tomografi Refleksi Waktu Tempuh (Travel- Time Tomography Reflection)*, Tesis Magister, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Moos, D., and Zoback, M. (1983), "In Situ Studies of Velocity in Fractured Crystalline Rock", *Journal of Geophysical Research*, vol.88, no. B3, pp. 2345-2358,
- Munadi, S. (1992), *Mengenal Tomografi Seismik*. LPL, No.3/1992, hal. 239-248, Lemigas, Indonesia.
- Paige, C.C. dan Saunders, M.A. (1982), "LSQR: An Alghoritm For Sparse Linear Equation And Sparse Least Squares", *ACM Trans. Math. Software*, vol. 8, no.1, pp. 43-71.
- Rau, R. J., dan Wu, F. T. (1995), "Tomographic imaging of lithospheric structures under Taiwan", *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 133, pp. 517-532.

Schon, J.H. (2001), *Physical Properties of Rocks*. Kidlington. Elsevier The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherland.

Seno, T., S. Stein, dan A. E. Gripp (1993), "A model for the motion of the Philippine Sea plate consistent with NUVEL-1 and geological data", *Journal of Geophysical Research*, vol. 98, pp. 17941-17948.

Suantika, G. (2009), *Pencitraan Tomografi Atenuasi Seismik 3D untuk Delineasi Struktur Internal dan Karakterisasi Sifat Fisis Batuan di Bawah Gunungapi Guntur*, Disertasi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Supriyanto (2007), *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*, Departemen Fisika-FMIPA, Universitas Indonesia, Jakarta.

Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1990), *Applied Geophysics*, 2th editon, Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Um, J. Dan Thurber, C. (1987), "A Fast Alghoritm for Two-Point Seismic Ray Tracing", *Bulletin of The Seismological Society of America*, vol.77, no. 3, pp. 972-966.

Van der Sluis, A. dan van der vorst, H. A. (1987), "Numerical solution of large, sparse linear algebric system arising from tomographic problems", dalam *Seismic Tomography*, ed. Nolet, G., D. Reidel Publishing Company, Holland, pp. 49-83.

Wu, Y.-M., C.-H. Chang, L. Zhao, J. B. H. Shyu, Y.-G. Chen, K. Sieh, dan J.-P. Avouac (2007), "Seismic tomography of Taiwan: Improved constraints from a dense network of strong motion stations", *Journal of Geophysical Research*, vol. 112, no. B08312, pp. 1-14.

Yeh, Y. H., R. C. Shih, C. H. Lin, C. C. Liu, H. Y. Yen, B. S. Huang, C. S. Liu, and F. T. Wu (1998), "Onshore/offshore wide-angle deep seismic profiling in Taiwan", *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Science*, vol. 9, no.3, pp. 301– 316

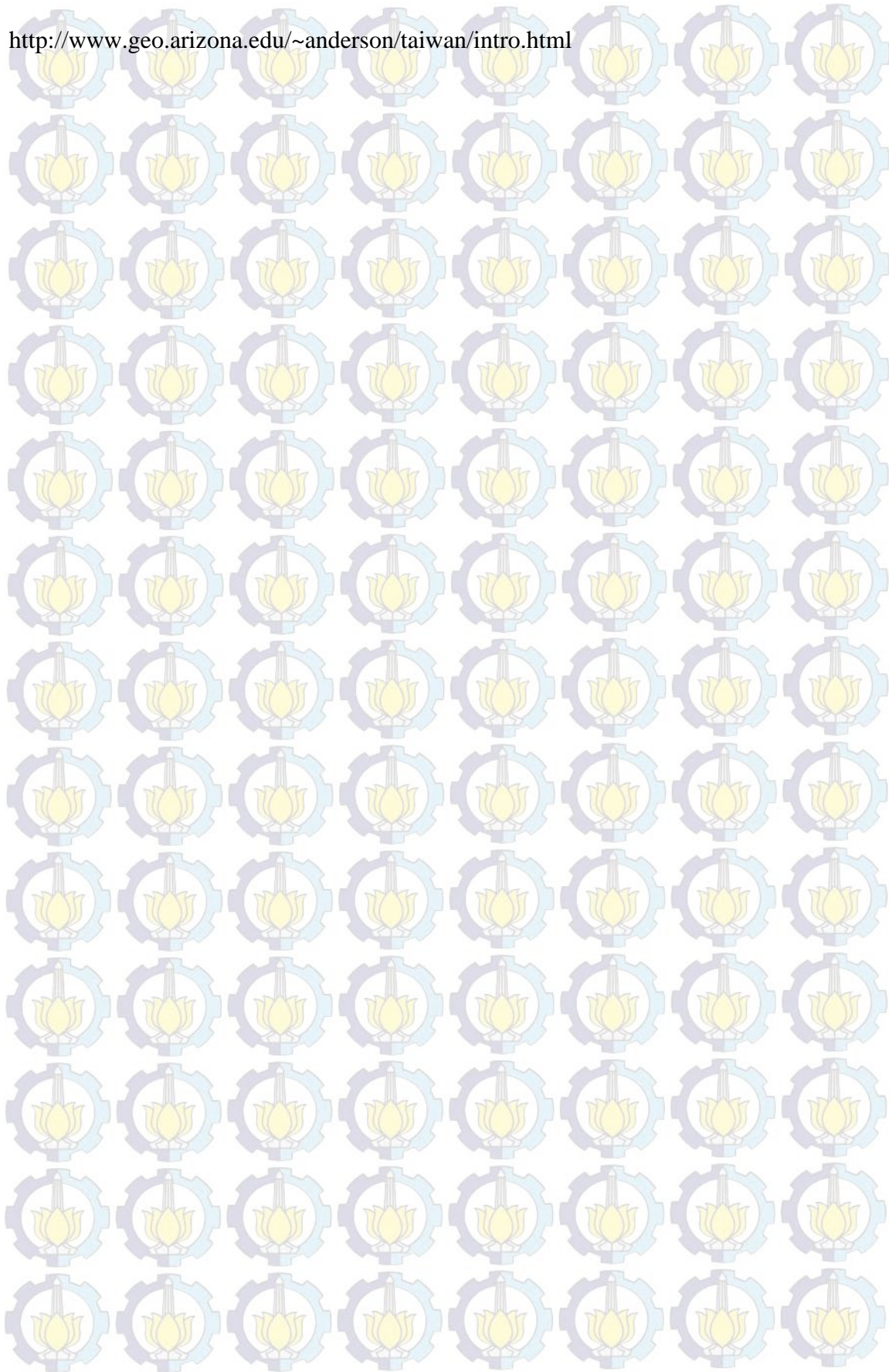
Yu, S. B., H. Y. Chen, dan L. C. Kuo (1997), "Velocity field of GPS stations in the Taiwan area", *Tectonophysics*, vol. 274, pp. 41-59.

Zhuang, J., C.-P. Chang, Y. Ogata, and Y.-I. Chen (2005), "A study on the background and clustering seismicity in the Taiwan region by using point process models", *Journal of Geophysical Research*, vol. 110, no. B05S18.

<http://www.bmkg.go.id>, 2014

http://www.iris.edu/wilber3/find_event

<http://www.geo.arizona.edu/~anderson/taiwan/intro.html>



LAMPIRAN 1

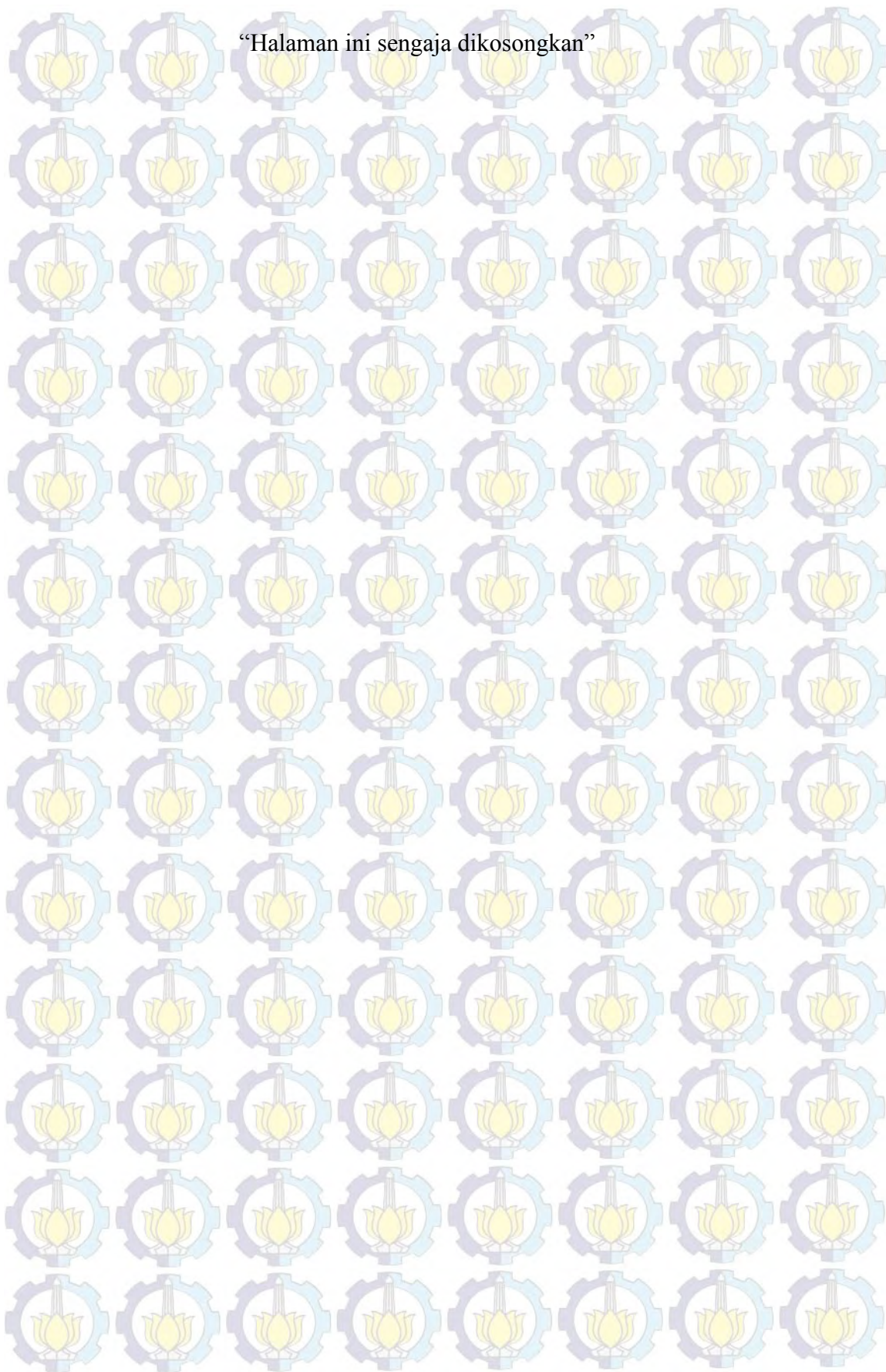
RENCANA DAN JADWAL KERJA PENELITIAN

Kegiatan penelitian akan direncanakan berlangsung selama 11 bulan yang dimulai bulan September 2014 sampai dengan bulan Juli 2015 dengan rincian seperti pada berikut.

Rencana Kerja Penelitian

Jadwal Kerja Penelitian	Sep-14	Oct-14	Nov-14	Dec-14	Jan-15	Feb-15	Mar-15	Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15
Studi literatur											
Pemilihan daerah penelitian											
Download data gempa											
Ujian proposal tesis											
<i>Picking</i> gelombang P dan S											
Relokasi hiposenter											
Inversi tomografi											
Analisa data dan interpretasi											
Penulisan jurnal ilmiah											
Penulisan laporan											
Sidang tesis											

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN 2

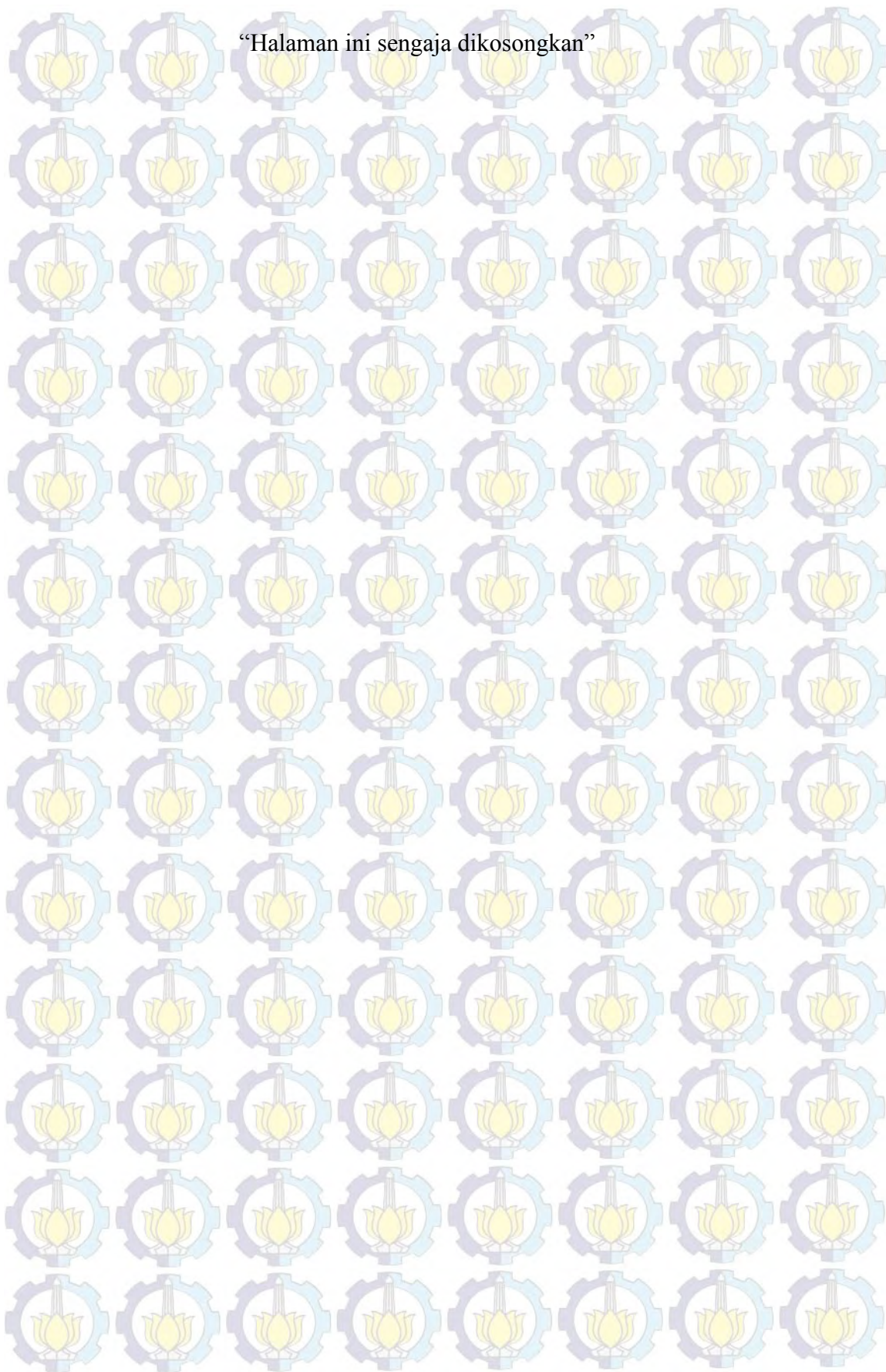
Data Gempa dari Iris

No.	Tgl-bl-th	Region	Latt (°)	Long (°)	Depth (km)	Magnitude	Origin Time
1	03/01/2009	Taiwan	24.2	121.8	15	5	22:04:35
2	06/01/2009	Southwestern Ryuku Island	24.2	124.1	25	4.9	3:37:41
3	19/01/2009	Southwestern Ryuku Island	24.1	125.2	13	4.7	17:07:44
4	24/01/2009	Southwestern Ryuku Island	24.8	125.7	41	5.2	2:38:57
5	09/02/2009	Taiwan Region	22.7	121.2	16	4.8	21:24:36
6	15/03/2009	Taiwan Region	24.7	122.4	20	4.8	23:20:23
7	02/04/2009	Southwestern Ryuku Island	23.2	123.1	10	4.7	8:39:57
8	02/04/2009	Southwestern Ryuku Island	24.8	125.8	40	5	8:39:33
9	17/04/2009	Taiwan	23.9	121.8	40	4.8	12:37:48
10	29/04/2009	Southwestern Ryuku Island	23.9	123.4	29	5.1	17:21:58
11	19/06/2009	Taiwan Region	23.9	122.3	17	4.9	10:30:07
12	20/06/2009	Taiwan Region	24	122.5	52	4.8	3:44:29
13	24/06/2009	Taiwan Region	24	122.3	31	4.9	22:10:52
14	24/06/2009	Taiwan Region	24	122.3	30	4.9	21:09:54
15	28/06/2009	Taiwan	24.2	121.8	16	4.7	9:52:46
16	28/06/2009	Taiwan	24.2	121.8	17	5.1	9:34:57
17	03/07/2009	Taiwan Region	24	122.4	17	4.7	5:20:50
18	03/07/2009	Taiwan Region	24	122.3	25	4.8	9:50:35
19	07/07/2009	Taiwan Region	23.9	122.5	16	4.9	16:59:05
20	13/07/2009	Taiwan Region	24	122.2	33	5	20:28:54
21	13/07/2009	Taiwan Region	24.1	122.2	24	6.3	18:05:02
22	16/07/2009	Taiwan Region	24	122.3	33	5.2	18:42:49
23	16/07/2009	Taiwan Region	24	122.3	30	5.4	10:48:15
24	26/07/2009	Taiwan	23.4	121.4	16	5	6:10:59
25	26/07/2009	Taiwan	23.7	121	19	5.1	1:00:13
26	29/07/2009	Taiwan	22	120.5	19	5.4	16:53:05
27	05/08/2009	Southwestern Ryuku Island	24.3	125.2	31	6.1	0:17:59
28	08/08/2009	Southwestern Ryuku Island	24.3	125.2	24	4.8	5:44:13
29	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.4	123.7	25	5.7	10:15:07
30	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.4	123.6	18	6.1	10:10:56
31	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	22	6.7	0:05:48

No.	Tgl-bl-th	Region	Latt (°)	Long (°)	Depth (km)	Magnitude	Origin Time
32	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	14	4.7	16:35:42
33	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.5	21	4.8	13:41:24
34	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.4	123.5	28	5.1	23:47:57
35	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	15	5	1:47:52
36	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	20	5.4	13:17:37
37	20/08/2009	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.5	33	5.2	14:18:12
38	21/08/2009	Taiwan	22.3	120.5	29	5.1	20:57:45
39	07/09/2009	Southeast Of Ryuku Island	23.6	126.4	15	4.8	14:42:23
40	12/09/2009	Taiwan Region	24	122.5	18	4.8	12:05:23
41	30/09/2009	Southwestern Ryuku Island	23.4	124.4	31	5	5:54:01
42	03/10/2009	Taiwan	23.7	121.6	25	5.9	17:36:05
43	11/10/2009	Taiwan Region	21.9	120.6	33	4.9	6:42:09
44	22/10/2009	Taiwan Region	22.6	121.5	116	4.9	23:05:04
45	05/11/2009	Taiwan	23.8	120.7	27	4.7	9:38:07
46	05/11/2009	Taiwan	23.8	120.8	24	5.2	11:34:21
47	05/11/2009	Taiwan	23.8	120.8	24	5.6	9:32:57
48	15/11/2009	Taiwan Region	25	122.2	132	4.9	14:47:49
49	28/11/2009	Southwestern Ryuku Island	24.4	123.6	14	5	5:39:25
50	19/12/2009	Taiwan	23.8	121.6	47	4.8	13:04:24
51	19/12/2009	Taiwan	23.8	121.7	50	6.4	13:02:16
52	12/01/2010	Southwestern Ryuku Island	24.9	123.4	30	4.9	0:16:24
53	16/01/2010	Southwestern Ryuku Island	24	125.1	54	4.9	22:04:53
54	19/01/2010	Taiwan	23.8	121.7	41	4.9	6:09:26
55	07/02/2010	Southwestern Ryuku Island	23.4	123.7	23	6.3	6:10:00
56	12/02/2010	Taiwan	23.9	121.2	21	4.9	2:42:38
57	22/02/2010	Taiwan Region	24.1	122.9	26	5.2	5:21:04
58	26/02/2010	Taiwan Region	23.7	122.9	40	4.7	5:38:17
59	26/02/2010	Taiwan Region	23.7	122.9	38	5.4	1:07:58
60	04/03/2010	Taiwan Region	22.8	122.1	16	4.7	7:07:13
61	04/03/2010	Taiwan	23	120.6	18	4.8	0:24:46
62	04/03/2010	Taiwan	22.9	120.7	27	5.2	8:16:17
63	04/03/2010	Taiwan	22.9	120.8	27	6.3	0:18:52
64	10/03/2010	Southwestern Ryuku Island	23.3	123.3	30	4.7	6:28:00
65	26/03/2010	Taiwan	24.1	121.7	68	4.8	23:07:54

No.	Tgl-bl-th	Region	Latt (°)	Long (°)	Depth (km)	Magnitude	Origin Time
66	11/04/2010	Taiwan Region	23.3	122.1	31	5.3	4:57:30
67	13/04/2010	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.6	29	5	21:43:55
68	13/04/2010	Taiwan	23.1	121.4	16	5	20:49:09
69	25/04/2010	Southwestern Ryuku Island	24.7	125	58	5	20:43:58
70	26/04/2010	Southeast Of Taiwan	22.2	123.8	23	6.5	2:59:52
71	15/06/2010	Taiwan	24	121.7	25	5.3	0:31:18
72	27/06/2010	Taiwan Region	25	122.4	16	4.9	20:33:27
73	30/06/2010	Southeast Of Taiwan	23	125.2	34	5.3	22:34:32
74	02/07/2010	Taiwan	22.9	120.8	19	4.9	19:11:32
75	08/07/2010	Taiwan Region	24.3	122.1	26	5	19:43:37
76	09/07/2010	Taiwan Region	24.8	122.6	127	5.2	0:41:19
77	17/07/2010	Taiwan	23.5	121.7	53	4.8	9:04:17
78	18/07/2010	Taiwan Region	22	122.5	26	5.1	13:03:24
79	25/07/2010	Taiwan	22.8	120.8	33	5.2	3:52:11
80	27/07/2010	Taiwan Region	25	122.4	12	4.7	0:54:57
81	21/08/2010	Taiwan	23.6	121.7	33	4.7	16:38:00
82	21/08/2010	Taiwan	24.8	122	14	5.1	18:48:02
83	30/08/2010	Taiwan Region	24.9	122.3	17	5	8:45:10
84	23/09/2010	Southwestern Ryuku Island	24.9	125.6	49	4.8	19:47:59
85	27/09/2010	Southwestern Ryuku Island	25	123.6	25	5.1	15:49:21
86	28/09/2010	Taiwan	24.1	121.8	14	4.7	17:53:33
87	02/10/2010	Taiwan	24.3	121.8	17	4.8	19:23:12
88	04/10/2010	Southwestern Ryuku Island	24.2	125.4	22.8	4.7	14:58:59
89	04/10/2010	Southwestern Ryuku Island	24.2	125.2	33	6.3	13:28:38
90	05/10/2010	Southwestern Ryuku Island	24.2	125.3	27.5	4.8	13:03:50
91	08/10/2010	Southwestern Ryuku Island	23.5	123.7	23.4	4.9	16:39:12
92	11/10/2010	Northeast of Taiwan	25.3	124.9	102.7	5.1	23:16:37
93	18/10/2010	Southwestern Ryuku Island	24.3	125.3	29.2	4.9	21:23:55
94	08/11/2010	Taiwan	23.2	120.5	18.7	4.8	13:01:21
95	12/11/2010	Taiwan Region	24.1	122.5	30.1	5.2	13:08:49
96	12/11/2010	Taiwan	22.1	120.6	35.2	4.8	15:39:01
97	21/11/2010	Taiwan	23.9	121.7	51.1	5.5	12:31:45
98	26/11/2010	Taiwan	24.2	121.8	13.9	4.7	15:33:44

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN 3

Data Picking Seisgram

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
1	03/01/2009	Taiwan	NACB	22:04:35.000	22:04:40.893	22:04:37.894	16.420
			YULB	22:04:35.000	22:04:51.188	22:05:04.044	96.609
			YHNB	22:04:35.000	22:04:47.282	22:04:55.599	68.656
			TWGB	22:04:35.000	22:05:01.231	22:05:21.164	163.464
			SSLB	22:04:35.000	22:04:50.364	22:05:00.749	91.173
			TPUB	22:04:35.000	22:05:00.540	22:05:19.335	148.791
			KMNB	22:04:35.000	22:05:23.312	22:05:59.811	343.256
2	06/01/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	03:37:41.000	03:38:17.464	03:38:44.679	252.407
			YULB	03:37:41.000	03:38:22.671	03:38:55.116	297.020
			YHNB	03:37:41.000	03:38:22.904	03:38:50.908	279.196
			TWGB	03:37:41.000	03:38:27.789	03:39:05.522	342.062
			SSLB	03:37:41.000	03:38:27.648	03:38:59.705	321.102
			TPUB	03:37:41.000	03:38:33.257	03:39:10.904	365.223
			KMNB	03:37:41.000	03:38:57.526	03:39:55.612	578.081
3	19/01/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	17:07:44.000	17:08:36.077	17:08:47.092	370.442
			YULB	17:07:44.000	17:08:40.523	17:09:23.020	409.689
			YHNB	17:07:44.000	17:08:41.474	17:09:24.453	396.732
			TWGB	17:07:44.000	17:08:45.149	17:09:32.551	448.483
			SSLB	17:07:44.000	17:08:44.877	17:09:30.916	437.618
			TPUB	17:07:44.000	17:08:51.027	17:09:39.335	478.554
			KMNB	17:07:44.000	17:09:15.206	17:10:25.605	696.314
4	24/01/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	02:38:57.000	02:39:53.224	02:40:35.758	421.881
			YULB	02:38:57.000	02:39:58.197	02:40:48.552	474.728
			YHNB	02:38:57.000	02:39:57.676	02:40:39.989	437.194
			TWGB	02:38:57.000	02:40:03.489	02:40:55.521	520.568
			SSLB	02:38:57.000	02:40:02.086	02:40:53.536	494.909
			TPUB	02:38:57.000	02:40:08.494	02:41:02.967	542.337
			KMNB	02:38:57.000	02:40:32.571	02:41:46.661	740.412
5	09/02/2009	Taiwan Region	NACB	21:24:36.000	21:25:02.798	21:25:23.197	172.019
			YULB	21:24:36.000	21:24:48.905	21:24:59.918	80.957
			YHNB	21:24:36.000	21:25:09.910	21:25:33.961	222.224
			TWGB	21:24:36.000	21:24:39.167	21:24:41.800	18.251
			SSLB	21:24:36.000	21:24:56.762	21:25:12.030	125.332
			TPUB	21:24:36.000	21:24:51.520	21:25:03.188	88.470
			KMNB	21:24:36.000	21:25:24.149	21:26:02.332	345.625

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
6	15/03/2009	Taiwan Region	NACB	23:20:22.999	23:20:39.519	23:20:51.989	102.735
			YULB	23:20:22.999	23:20:51.084	23:21:11.852	186.472
			YHNB	23:20:22.999	23:20:39.359	23:20:52.924	103.741
			TWGB	23:20:22.999	23:20:58.970	23:21:27.035	251.616
			SSLB	23:20:22.999	23:20:52.170	23:21:12.748	180.528
			TPUB	23:20:22.999	23:21:00.684	23:21:26.597	240.243
			KMNB	23:20:22.999	23:21:17.876	23:22:02.041	406.954
7	02/04/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	08:39:57.000	08:40:29.666	08:40:49.166	183.538
			YULB	08:39:57.000	08:40:34.458	08:40:56.771	181.323
			YHNB	08:39:57.000	08:40:34.702	08:41:02.447	235.585
			TWGB	08:39:57.000	08:40:39.541	08:40:59.908	207.445
			SSLB	08:39:57.000	08:40:38.098	08:41:03.967	224.272
			TPUB	08:39:57.000	08:40:44.354	08:41:14.748	248.738
			KMNB	08:39:57.000	08:41:06.186	08:41:57.861	495.463
8	02/04/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	08:39:33.000	08:40:29.676	08:41:11.946	430.523
			YULB	08:39:33.000	08:40:34.966	08:41:22.247	481.638
			YHNB	08:39:33.000	08:40:34.452	08:41:19.198	447.030
			TWGB	08:39:33.000	08:40:39.886	08:41:31.613	526.350
			SSLB	08:39:33.000	08:40:38.425	08:41:31.276	502.948
			TPUB	08:39:33.000	08:40:45.079	08:41:40.208	549.525
			KMNB	08:39:33.000	08:41:09.765	08:42:26.844	750.197
9	17/04/2009	Taiwan	NACB	12:37:48.000	12:37:57.012	12:38:03.403	30.912
			YULB	12:37:48.000	12:38:00.852	12:38:10.891	75.770
			YHNB	12:37:48.000	12:38:04.111	12:38:16.059	89.921
			TWGB	12:37:48.000	12:38:08.915	12:38:25.301	141.363
			SSLB	12:37:48.000	12:38:02.272	12:38:13.752	82.775
			TPUB	12:37:48.000	12:38:10.027	12:38:24.889	134.198
			KMNB	12:37:48.000	12:38:34.591	12:39:07.642	346.448
10	29/04/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	17:22:58.000	17:22:25.047	17:22:46.478	183.330
			YULB	17:22:58.000	17:22:29.306	17:22:52.609	219.009
			YHNB	17:22:58.000	17:22:31.209	17:22:55.311	219.943
			TWGB	17:22:58.000	17:22:34.623	17:23:02.491	263.196
			SSLB	17:22:58.000	17:22:37.314	17:23:03.596	246.624
			TPUB	17:22:58.000	17:22:39.254	17:23:10.155	287.613
			KMNB	17:22:58.000	17:23:05.844	17:23:58.670	510.021
11	19/06/2009	Taiwan Region	NACB	10:30:06.999	10:30:21.430	10:30:31.019	77.044
			YULB	10:30:06.999	10:30:27.535	10:30:41.416	115.782
			YHNB				

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			TWGB	10:30:06.999	10:30:34.337	10:30:53.817	172.139
			SSLB	10:30:06.999	10:30:34.613	10:30:48.740	136.668
			TPUB	10:30:06.999	10:30:37.798	10:30:59.187	181.930
			KMNB	10:30:06.999	10:31:02.545	10:31:44.727	401.198
12	20/06/2009	Taiwan Region	NACB	03:44:28.999	03:44:44.028	03:44:55.225	93.241
			YULB	03:44:28.999	03:44:50.424	03:45:06.061	142.611
			YHNB				
			TWGB	03:44:28.999	03:44:57.175	03:45:17.681	199.090
			SSLB	03:44:28.999	03:44:53.459	03:45:09.987	160.139
			TPUB	03:44:28.999	03:45:00.686	03:45:22.468	208.038
			KMNB	03:44:28.999	03:45:24.347	03:46:06.245	420.028
13	24/06/2009	Taiwan Region	NACB	22:10:52.000	22:11:05.036	22:11:15.111	72.685
			YULB	22:10:52.000	22:11:11.429	22:11:26.686	118.889
			YHNB	22:10:52.000	22:11:12.016	22:11:24.819	119.454
			TWGB	22:10:52.000	22:11:18.351	22:11:39.091	177.133
			SSLB	22:10:52.000	22:11:14.101	22:11:30.012	136.220
			TPUB	22:10:52.000	22:11:21.910	22:11:42.527	183.824
			KMNB	22:10:52.000	22:11:46.325	22:12:28.200	398.404
14	24/06/2009	Taiwan Region	NACB	21:09:54.000	21:10:06.825	21:10:17.114	76.675
			YULB	21:09:54.000	21:10:13.355	21:10:28.586	123.938
			YHNB	21:09:54.000	21:10:13.819	21:10:27.583	121.892
			TWGB	21:09:54.000	21:10:19.915	21:10:40.981	181.842
			SSLB	21:09:54.000	21:10:15.591	21:10:32.086	141.202
			TPUB	21:09:54.000	21:10:23.656	21:10:44.826	188.951
			KMNB	21:09:54.000	21:10:48.188	21:11:30.321	402.805
15	28/06/2009	Taiwan	NACB	09:52:46.000	09:52:49.552	09:52:52.838	19.247
			YULB	09:52:46.000	09:53:04.504	09:53:17.190	100.684
			YHNB	09:52:46.000	09:52:58.732	09:53:06.257	67.888
			TWGB	09:52:46.000	09:53:16.185	09:53:34.809	167.457
			SSLB	09:52:46.000	09:53:02.238	09:53:13.939	95.140
			TPUB	09:52:46.000	09:53:11.609	09:53:30.706	152.968
			KMNB	09:52:46.000	09:53:35.141	09:54:14.001	345.820
16	28/06/2009	Taiwan	NACB	09:34:57.000	09:34:59.696	09:35:02.619	18.666
			YULB	09:34:57.000	09:35:15.253	09:35:28.530	99.316
			YHNB	09:34:57.000	09:35:08.850	09:35:16.817	68.565
			TWGB	09:34:57.000	09:35:24.392	09:35:44.652	166.083
			SSLB	09:34:57.000	09:35:13.034	09:35:24.295	94.078
			TPUB	09:34:57.000	09:35:22.599	09:35:41.777	151.743
			KMNB	09:34:57.000	09:35:45.316	09:36:23.652	345.406

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
17	03/07/2009	Taiwan Region	NACB	05:20:50.000	05:21:04.567	05:21:14.939	80.815
			YULB	05:20:50.000	05:21:11.518	05:21:25.941	126.202
			YHNB	05:20:50.000	05:21:11.012	05:21:27.395	126.013
			TWGB	05:20:50.000	05:21:19.884	05:21:40.863	183.222
			SSLB	05:20:50.000	05:21:13.603	05:21:31.511	144.669
			TPUB	05:20:50.000	05:21:21.113	05:21:43.134	191.705
			KMNB	05:20:50.000	05:21:45.295	05:22:30.013	406.816
18	03/07/2009	Taiwan Region	NACB	09:50:35.000	09:50:48.104	09:50:58.622	76.179
			YULB	09:50:35.000	09:50:55.339	09:51:10.003	125.512
			YHNB	09:50:35.000	09:50:54.999	09:51:09.193	120.402
			TWGB	09:50:35.000	09:51:02.158	09:51:22.829	183.858
			SSLB	09:50:35.000	09:50:57.380	09:51:14.399	141.803
			TPUB	09:50:35.000	09:51:06.260	09:51:26.350	190.179
			KMNB	09:50:35.000	09:51:29.416	09:52:11.448	402.595
19	07/07/2009	Taiwan Region	NACB	16:59:04.999	16:59:22.598	16:59:34.394	98.993
			YULB	16:59:04.999	16:59:28.326	16:59:44.016	140.661
			YHNB	16:59:04.999	16:59:29.458	16:59:46.414	142.378
			TWGB	16:59:04.999	16:59:34.834	16:59:55.566	194.592
			SSLB	16:59:04.999	16:59:31.566	16:59:49.319	162.179
			TPUB	16:59:04.999	16:59:38.433	17:00:01.496	207.398
			KMNB	16:59:04.999	17:00:03.739	17:00:47.602	425.081
20	13/07/2009	Taiwan Region	NACB	20:28:54.000	20:29:04.903	20:29:15.624	60.511
			YULB	20:28:54.000	20:29:12.367	20:29:26.191	114.985
			YHNB	20:28:54.000	20:29:11.629	20:29:25.934	106.429
			TWGB	20:28:54.000	20:29:19.249	20:29:39.866	176.017
			SSLB	20:28:54.000	20:29:14.625	20:29:28.407	127.396
			TPUB	20:28:54.000	20:29:22.848	20:29:42.375	177.767
			KMNB	20:28:54.000	20:29:46.250	20:30:25.728	386.961
21	13/07/2009	Taiwan Region	NACB	18:05:01.999	18:05:15.215	18:05:23.859	66.388
			YULB	18:05:01.999	18:05:21.954	18:05:36.732	120.137
			YHNB	18:05:01.999	18:05:21.660	18:05:34.179	110.847
			TWGB	18:05:01.999	18:05:29.141	18:05:50.884	180.379
			SSLB	18:05:01.999	18:05:24.820	18:05:39.223	133.500
			TPUB	18:05:01.999	18:05:32.820	18:05:50.098	183.470
			KMNB	18:05:01.999	18:05:58.837	18:06:40.006	392.981
22	16/07/2009	Taiwan Region	NACB	18:42:49.000	18:43:01.053	18:43:11.615	72.250
			YULB	18:42:49.000	18:43:07.993	18:43:23.021	121.079

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			YHNB	18:42:49.000	18:43:07.684	18:43:21.735	117.781
			TWGB	18:42:49.000	18:43:15.139	18:43:36.065	179.818
			SSLB	18:42:49.000	18:43:10.007	18:43:26.061	137.228
			TPUB	18:42:49.000	18:43:17.147	18:43:37.769	185.598
			KMNB	18:42:49.000	18:43:41.885	18:44:23.960	398.427
23	16/07/2009	Taiwan Region	NACB	10:48:14.999	10:48:27.045	10:48:38.241	71.063
			YULB	10:48:14.999	10:48:34.086	10:48:48.781	120.988
			YHNB	10:48:14.999	10:48:34.103	10:48:48.912	116.326
			TWGB	10:48:14.999	10:48:42.166	10:49:01.713	180.059
			SSLB	10:48:14.999	10:48:39.636	10:48:55.448	136.535
			TPUB	10:48:14.999	10:48:46.170	10:49:07.344	185.263
			KMNB	10:48:14.999	10:49:07.891	10:49:51.485	397.355
24	26/07/2009	Taiwan	NACB	06:10:59.000	06:11:14.918	06:11:25.882	86.149
			YULB	06:10:59.000	06:11:02.606	06:11:05.109	12.657
			YHNB	06:10:59.000	06:11:23.568	06:11:40.464	139.256
			TWGB	06:10:59.000	06:11:12.751	06:11:22.287	74.434
			SSLB	06:10:59.000	06:11:09.762	06:11:17.202	63.056
			TPUB	06:10:59.000	06:11:13.554	06:11:23.921	81.640
			KMNB	06:10:59.000	06:11:45.445	06:12:21.565	329.594
25	26/07/2009	Taiwan	NACB	01:00:12.999	01:00:27.078	01:00:37.562	81.125
			YULB	01:00:12.999	01:00:21.514	01:00:28.143	43.483
			YHNB	01:00:12.999	01:00:32.937	01:00:45.894	115.855
			TWGB	01:00:12.999	01:00:29.846	01:00:42.345	95.667
			SSLB	01:00:12.999	01:00:15.775	01:00:18.369	13.104
			TPUB	01:00:12.999	01:00:23.108	01:00:31.448	56.884
			KMNB	01:00:12.999	01:00:52.602	01:01:23.174	279.882
26	29/07/2009	Taiwan	NACB	16:53:04.999	16:53:45.479	16:54:15.887	264.105
			YULB	16:53:04.999	16:53:32.868	16:53:53.434	173.389
			YHNB	16:53:04.999	16:53:51.878	16:54:21.656	306.927
			TWGB	16:53:04.999	16:53:24.546	16:53:38.142	107.651
			SSLB	16:53:04.999	16:53:37.539	16:53:59.978	201.248
			TPUB	16:53:04.999	16:53:29.211	16:53:45.564	142.147
			KMNB	16:53:04.999	16:53:52.331	16:54:30.808	344.134
27	05/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	00:17:59.000	00:18:48.963	00:19:27.523	362.687
			YULB	00:17:59.000	00:18:54.000	00:19:37.363	406.470
			YHNB	00:17:59.000	00:18:53.583	00:19:35.694	386.112
			TWGB	00:17:59.000	00:18:57.984	00:19:06.180	448.060
			SSLB	00:17:59.000	00:18:58.290	00:19:42.916	431.859
			TPUB	00:17:59.000	00:18:03.397	00:19:52.275	475.045

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			KMNB	00:17:59.000	00:19:28.650	00:20:39.833	687.264
28	08/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	05:44:12.999	05:45:04.002	05:45:42.319	371.160
			YULB	05:44:12.999	05:45:08.098	05:45:50.893	414.081
			YHNB	05:44:12.999	05:45:09.085	05:45:49.156	394.966
			TWGB				
			SSLB	05:44:12.999	05:45:13.090	05:45:56.919	440.000
			TPUB				
			KMNB	05:44:12.999	05:45:43.080	05:46:53.637	695.957
29	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	10:15:06.999	10:15:40.020	10:16:05.673	227.534
			YULB	10:15:06.999	10:15:42.455	10:16:09.075	242.907
			YHNB	10:15:06.999	10:15:46.163	10:16:16.442	271.434
			TWGB	10:15:06.999	10:15:45.018	10:16:15.002	274.008
			SSLB	10:15:06.999	10:15:47.641	10:16:17.911	280.428
			TPUB	10:15:06.999	10:15:50.365	10:16:24.315	311.490
			KMNB	10:15:06.999	10:16:20.432	10:17:18.123	549.978
30	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	10:10:56.000	10:11:29.235	10:11:54.696	220.950
			YULB	10:10:56.000	10:11:30.371	10:11:56.911	236.754
			YHNB	10:10:56.000	10:11:34.914	10:12:04.434	264.966
			TWGB	10:10:56.000	10:11:33.610	10:12:03.718	268.569
			SSLB	10:10:56.000	10:11:35.090	10:12:06.013	273.977
			TPUB	10:10:56.000	10:11:39.712	10:12:12.075	305.401
			KMNB	10:10:56.000	10:12:08.318	10:13:05.357	543.444
31	17/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	00:05:48.000	00:06:20.419	00:06:44.400	216.371
			YULB	00:05:48.000	00:06:22.263	00:06:48.161	234.680
			YHNB	00:05:48.000	00:06:27.084	00:06:56.331	259.529
			TWGB	00:05:48.000	00:06:26.098	00:06:56.020	268.151
			SSLB	00:05:48.000	00:06:27.246	00:06:57.104	270.789
			TPUB	00:05:48.000	00:06:32.105	00:07:03.801	303.481
			KMNB	00:05:48.000	00:07:00.647	00:07:56.067	539.719
32	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	16:35:41.000	16:36:13.629	16:36:37.619	221.750
			YULB	16:35:41.000	16:36:15.491	16:36:41.725	238.613
			YHNB	16:35:41.000	16:36:20.760	16:36:51.325	265.277
			TWGB	16:35:41.000	16:36:19.627	16:36:51.132	270.929
			SSLB	16:35:41.000	16:36:20.753	16:36:51.094	275.422
			TPUB	16:35:41.000	16:36:25.653	16:36:58.755	307.317
			KMNB	16:35:41.000	16:36:54.253	16:37:52.021	544.668
33	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	13:41:23.999	13:41:54.178	13:42:18.465	209.963

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			YULB	13:41:23.999	13:41:56.253	13:42:21.024	228.196
			YHNB	13:41:23.999	13:42:00.979	13:42:28.652	253.477
			TWGB	13:41:23.999	13:42:00.355	13:42:28.459	262.114
			SSLB	13:41:23.999	13:42:01.001	13:42:30.297	264.204
			TPUB	13:41:23.999	13:42:06.468	13:42:39.126	297.019
			KMNB	13:41:23.999	13:42:35.025	13:43:30.374	533.161
34	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	23:47:57.000	23:48:27.994	23:48:51.291	210.181
			YULB	23:47:57.000	23:48:28.072	23:48:53.219	224.365
			YHNB	23:47:57.000	23:48:33.514	23:49:02.426	255.379
			TWGB	23:47:57.000	23:48:31.752	23:49:00.446	256.179
			SSLB	23:47:57.000	23:48:33.652	23:49:02.234	262.015
			TPUB	23:47:57.000	23:48:38.086	23:49:10.014	292.976
			KMNB	23:47:57.000	23:49:07.052	23:50:03.174	531.790
35	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	01:47:52.000			
			YULB	01:47:52.000			
			YHNB	01:47:52.000	01:48:30.954	01:49:00.217	264.147
			TWGB	01:47:52.000	01:48:30.059	01:49:00.551	268.431
			SSLB	01:47:52.000	01:48:31.064	01:49:02.002	273.456
			TPUB	01:47:52.000	01:48:36.374	01:49:09.007	305.055
			KMNB	01:47:52.000	01:49:04.377	01:50:00.858	542.855
36	18/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	13:17:37.000	13:18:09.042	13:18:34.010	213.954
			YULB	13:17:37.000	13:18:10.691	13:18:36.639	231.476
			YHNB	13:17:37.000	13:18:14.223	13:18:43.406	257.573
			TWGB	13:17:37.000	13:18:13.798	13:18:44.429	264.720
			SSLB	13:17:37.000	13:18:16.057	13:18:46.041	267.859
			TPUB	13:17:37.000	13:18:20.035	13:18:52.033	300.250
			KMNB	13:17:37.000	13:18:48.142	13:19:44.753	536.970
37	20/08/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	14:18:11.999	14:18:41.078	14:19:04.659	211.646
			YULB	14:18:11.999	14:18:43.083	14:19:08.077	228.861
			YHNB	14:18:11.999	14:18:48.060	14:19:15.060	255.512
			TWGB	14:18:11.999	14:18:47.071	14:19:16.339	262.126
			SSLB	14:18:11.999	14:18:48.021	14:19:17.398	265.322
			TPUB	14:18:11.999	14:18:52.905	14:19:24.134	297.631
			KMNB	14:18:11.999	14:19:21.539	14:20:16.071	534.502
38	21/08/2009	Taiwan	NACB	20:57:45.000	20:58:19.800	20:58:45.681	234.035
			YULB	20:57:45.000	20:58:07.287	20:58:25.269	144.590
			YHNB	20:57:45.000	20:58:24.829	20:58:54.273	275.037
			TWGB	20:57:45.000	20:57:59.669	20:58:10.500	81.918

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			SSLB	20:57:45.000	20:58:12.552	20:58:31.374	168.922
			TPUB	20:57:45.000	20:58:03.516	20:58:17.369	109.078
			KMNB	20:57:45.000	20:58:28.470	20:59:04.704	319.393
39	07/09/2009	Southeast Of Ryuku Island	NACB	14:42:22.999	14:43:28.330	14:44:22.037	492.351
			YULB	14:42:22.999	14:43:31.639	14:44:28.092	521.322
			YHNB	14:42:22.999	14:43:33.951	14:44:29.304	522.760
			TWGB	14:42:22.999	14:43:34.326	14:44:35.966	551.511
			SSLB	14:42:22.999	14:43:37.051	14:44:36.323	555.043
			TPUB	14:42:22.999	14:43:41.553	14:44:43.036	590.137
			KMNB	14:42:22.999	14:44:09.979	14:45:34.454	819.184
40	12/09/2009	Taiwan Region	NACB	12:05:22.999	12:05:39.665	12:05:51.253	97.182
			YULB	12:05:22.999	12:05:45.465	12:06:03.062	139.800
			YHNB	12:05:22.999	12:05:46.502	12:06:04.800	140.406
			TWGB	12:05:22.999	12:05:51.982	12:06:13.405	194.185
			SSLB	12:05:22.999	12:05:48.763	12:06:07.153	160.766
			TPUB	12:05:22.999	12:05:55.606	12:06:18.432	206.356
			KMNB	12:05:22.999	12:06:20.696	12:07:04.728	423.362
41	30/09/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	05:54:00.999	05:54:42.157	05:55:14.082	301.346
			YULB	05:54:00.999	05:54:44.017	05:55:18.000	319.105
			YHNB	05:54:00.999	05:54:46.692	05:55:22.915	341.530
			TWGB	05:54:00.999	05:54:48.039	05:55:25.109	347.419
			SSLB	05:54:00.999	05:54:49.165	05:55:25.667	356.670
			TPUB	05:54:00.999	05:54:52.661	05:55:33.061	387.512
			KMNB	05:54:00.999	05:55:22.093	05:56:21.915	625.627
42	03/10/2009	Taiwan	NACB	17:36:04.999	17:36:17.939	17:36:25.593	53.381
			YULB	17:36:04.999	17:36:14.605	17:36:20.019	45.516
			YHNB	17:36:04.999	17:36:24.974	17:36:39.224	110.738
			TWGB	17:36:04.999	17:36:22.891	17:36:37.315	110.551
			SSLB	17:36:04.999	17:36:17.811	17:36:27.571	67.004
			TPUB	17:36:04.999	17:36:24.470	17:36:38.252	108.411
			KMNB	17:36:04.999	17:36:52.726	17:37:28.971	337.731
43	11/10/2009	Taiwan Region	NACB	06:42:08.999	06:42:48.241	06:43:17.068	270.683
			YULB	06:42:08.999	06:42:36.361	06:42:57.110	179.133
			YHNB	06:42:08.999	06:42:53.413	06:43:28.472	316.308
			TWGB	06:42:08.999	06:42:26.706	06:42:41.682	111.892
			SSLB	06:42:08.999	06:42:39.372	06:43:00.027	212.022
			TPUB	06:42:08.999	06:42:31.675	06:42:49.948	155.606
			KMNB	06:42:08.999	06:42:57.315	06:43:34.614	365.748

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
44	22/10/2009	Taiwan Region	NACB	23:05:03.999	23:05:31.559	23:05:52.889	169.636
			YULB	23:05:03.999	23:05:23.167	23:06:38.496	85.616
			YHNB	23:05:03.999	23:05:39.199	23:06:06.425	224.699
			TWGB	23:05:03.999	23:05:21.178	23:05:34.231	47.806
			SSLB	23:05:03.999	23:05:28.531	23:05:46.931	138.652
			TPUB	23:05:03.999	23:05:26.283	23:05:44.540	115.567
			KMNB	23:05:03.999	23:05:56.463	23:06:37.017	376.546
45	05/11/2009	Taiwan	NACB	09:38:06.999	09:38:24.189	09:38:36.831	100.628
			YULB	09:38:06.999	09:38:20.582	09:38:30.015	76.374
			YHNB	09:38:06.999	09:38:27.050	09:38:41.038	118.606
			TWGB	09:38:06.999	09:38:27.128	09:38:41.485	115.671
			SSLB	09:38:06.999	09:38:13.417	09:38:17.963	26.627
			TPUB	09:38:06.999	09:38:18.308	09:38:25.311	55.628
			KMNB	09:38:06.999	09:38:41.606	09:39:08.152	245.391
46	05/11/2009	Taiwan	NACB	11:34:20.999	11:34:37.806	11:34:49.259	92.885
			YULB	11:34:20.999	11:34:33.975	11:34:43.570	64.001
			YHNB	11:34:20.999	11:34:41.586	11:34:55.003	116.928
			TWGB	11:34:20.999	11:34:40.994	11:34:54.909	107.098
			SSLB	11:34:20.999	11:34:26.791	11:34:30.623	15.634
			TPUB	11:34:20.999	11:34:33.215	11:34:39.283	53.050
			KMNB	11:34:20.999	11:34:56.570	11:35:26.066	257.960
47	05/11/2009	Taiwan	NACB	09:32:57.000	09:33:14.764	09:33:26.200	92.976
			YULB	09:32:57.000	09:33:11.077	09:33:21.095	69.859
			YHNB	09:32:57.000	09:33:32.438	09:33:18.200	113.791
			TWGB	09:32:57.000	09:33:17.766	09:33:32.237	113.214
			SSLB	09:32:57.000	09:33:03.840	09:33:07.985	18.253
			TPUB	09:32:57.000	09:33:09.574	09:33:15.330	57.369
			KMNB	09:32:57.000	09:33:32.398	09:34:02.040	253.352
48	15/11/2009	Taiwan Region	NACB	14:47:49.000	14:48:10.816	14:48:28.132	102.858
			YULB	14:47:49.000	14:48:20.720	14:48:45.459	193.120
			YHNB	14:47:49.000	14:48:09.808	14:48:24.556	84.346
			TWGB	14:47:49.000	14:48:28.496	14:48:58.560	260.127
			SSLB	14:47:49.000	14:48:18.845	14:48:40.511	176.980
			TPUB	14:47:49.000	14:48:25.129	14:48:54.814	239.313
			KMNB	14:47:49.000	14:48:41.170	14:49:23.100	384.258
49	28/11/2009	Southwestern Ryuku Island	NACB	05:39:24.999	05:39:56.610	05:40:17.221	203.299
			YULB	05:39:24.999	05:40:02.739	05:40:32.148	257.955
			YHNB	05:39:24.999	05:39:59.515	05:40:25.057	225.630
			TWGB	05:39:24.999	05:40:09.113	05:40:43.694	309.567

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			SSLB	05:39:24.999	05:40:05.319	05:40:36.758	275.615
			TPUB	05:39:24.999	05:40:12.375	05:40:47.499	324.353
			KMNB	05:39:24.999	05:40:37.381	05:41:32.709	526.527
50	19/12/2009	Taiwan	NACB				
			YULB				
			YHNB				
			TWGB				
			SSLB				
			TPUB				
			KMNB				
51	19/12/2009	Taiwan	NACB	13:02:15.999	13:02:25.704	13:02:31.784	43.552
			YULB	13:02:15.999	13:02:27.866	13:02:36.772	60.688
			YHNB	13:02:15.999	13:02:33.322	13:02:45.310	102.604
			TWGB	13:02:15.999	13:02:35.001	13:02:50.461	125.379
			SSLB	13:02:15.999	13:02:29.651	13:02:39.735	76.320
			TPUB	13:02:15.999	13:02:36.711	13:02:50.895	122.381
			KMNB	13:02:15.999	13:03:02.308	13:03:39.587	344.850
52	12/01/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	00:16:44.000	00:16:53.550	00:17:15.436	203.326
			YULB	00:16:44.000	00:17:01.779	00:17:31.168	273.853
			YHNB	00:16:44.000	00:16:53.762	00:17:16.848	210.531
			TWGB	00:16:44.000	00:17:09.091	00:17:44.389	332.402
			SSLB	00:16:44.000	00:17:02.798	00:17:33.579	280.435
			TPUB	00:16:44.000	00:17:09.320	00:17:44.867	335.708
			KMNB	00:16:44.000	00:17:30.145	00:18:23.965	513.538
53	16/01/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	22:04:53.000	22:05:40.267	22:06:18.466	358.301
			YULB	22:04:53.000	22:05:44.336	22:06:26.414	394.743
			YHNB	22:04:53.000	22:05:45.580	22:06:19.347	386.690
			TWGB	22:04:53.000	22:05:48.280	22:06:32.879	432.179
			SSLB	22:04:53.000	22:05:49.002	22:06:33.007	424.078
			TPUB	22:04:53.000	22:05:54.377	22:06:42.009	463.693
			KMNB	22:04:53.000	22:06:21.030	22:07:31.528	684.763
54	19/01/2010	Taiwan	NACB	06:09:25.999	06:09:35.613	06:09:42.187	40.808
			YULB	06:09:25.999	06:09:37.925	06:09:45.973	62.379
			YHNB	06:09:25.999	06:09:43.424	06:09:55.840	99.884
			TWGB	06:09:25.999	06:09:45.545	06:10:00.225	127.480
			SSLB	06:09:25.999	06:09:39.978	06:09:49.275	75.906
			TPUB	06:09:25.999	06:09:47.546	06:10:02.367	123.180
			KMNB	06:09:25.999	06:10:12.960	06:10:49.557	343.779
55	07/02/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	06:09:60.000	06:10:33.485	06:10:59.299	228.546

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			YULB	06:09:60.000	06:10:35.136	06:11:02.353	244.532
			YHNB	06:09:60.000	06:10:40.582	06:11:11.195	272.141
			TWGB	06:09:60.000	06:10:38.939	06:11:09.184	275.891
			SSLB	06:09:60.000	06:10:40.399	06:11:18.026	281.825
			TPUB	06:09:60.000	06:10:45.416	06:11:19.547	313.149
			KMNB	06:09:60.000	06:11:13.671	06:12:10.770	551.250
56	12/02/2010	Taiwan	NACB	02:42:38.000	02:42:49.534	02:42:55.882	54.231
			YULB	02:42:38.000	02:42:49.749	02:42:55.973	55.738
			YHNB	02:42:38.000	02:42:54.338	02:43:05.520	89.791
			TWGB	02:42:38.000	02:42:59.892	02:43:13.041	118.072
			SSLB	02:42:38.000	02:42:43.313	02:42:47.437	24.022
			TPUB	02:42:38.000	02:42:53.685	02:43:05.858	84.472
			KMNB	02:42:38.000	02:42:18.259	02:43:50.071	289.433
57	22/02/2010	Taiwan Region	NACB	05:21:03.999	05:21:26.149	05:21:42.056	136.700
			YULB	05:21:03.999	05:21:31.567	05:21:52.687	182.473
			YHNB	05:21:03.999	05:21:31.939	05:21:51.656	171.950
			TWGB	05:21:03.999	05:21:38.064	05:22:03.500	234.058
			SSLB	05:21:03.999	05:21:34.853	05:21:57.177	203.760
			TPUB	05:21:03.999	05:21:41.641	05:22:09.552	249.544
			KMNB	05:21:03.999	05:22:06.634	05:22:54.390	463.512
58	26/02/2010	Taiwan Region	NACB	05:38:16.999	05:38:37.617	05:38:54.475	139.966
			YULB	05:38:16.999	05:38:41.314	05:39:00.225	165.819
			YHNB	05:38:16.999	05:38:44.715	05:39:05.189	185.231
			TWGB	05:38:16.999	05:38:46.286	05:39:09.874	209.890
			SSLB	05:38:16.999	05:38:45.347	05:39:07.302	196.495
			TPUB	05:38:16.999	05:38:51.284	05:39:14.556	234.633
			KMNB	05:38:16.999	05:39:18.333	05:40:06.618	463.811
59	26/02/2010	Taiwan Region	NACB	01:07:58.000	01:08:18.433	01:08:34.966	136.782
			YULB	01:07:58.000	01:08:21.806	01:08:40.244	162.821
			YHNB	01:07:58.000	01:08:25.398	01:08:46.173	182.288
			TWGB	01:07:58.000	01:08:27.097	01:08:50.782	207.344
			SSLB	01:07:58.000	01:08:25.911	01:08:48.011	193.276
			TPUB	01:07:58.000	01:08:32.078	01:08:58.560	231.604
			KMNB	01:07:58.000	01:08:59.110	01:09:47.630	460.565
60	04/03/2010	Taiwan Region	NACB	07:07:12.999	07:07:37.525	07:07:55.906	159.328
			YULB	07:07:12.999	07:07:30.278	07:07:44.078	104.490
			YHNB	07:07:12.999	07:07:46.291	07:08:11.600	218.529
			TWGB	07:07:12.999	07:07:30.566	07:07:43.983	104.954

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			SSLB	07:07:12.999	07:07:38.077	07:08:00.465	159.479
			TPUB	07:07:12.999	07:07:39.083	07:07:59.310	160.250
			KMNB	07:07:12.999	07:08:10.616	07:08:55.627	420.540
61	04/03/2010	Taiwan	NACB	00:24:46.000	00:25:11.788	00:25:31.311	162.566
			YULB	00:24:46.000	00:25:01.978	00:25:11.963	79.768
			YHNB	00:24:46.000	00:25:16.285	00:25:40.579	199.933
			TWGB	00:24:46.000	00:24:57.384	00:25:05.035	48.120
			SSLB	00:24:46.000	00:25:03.868	00:25:14.252	93.459
			TPUB	00:24:46.000	00:24:54.657	00:24:58.347	34.293
			KMNB	00:24:46.000	00:25:25.670	00:25:56.455	282.248
62	04/03/2010	Taiwan	NACB	08:16:16.999	08:16:43.534	08:17:02.631	167.959
			YULB	08:16:16.999	08:16:31.221	08:16:42.617	83.404
			YHNB	08:16:16.999	08:16:49.818	08:17:12.652	206.309
			TWGB	08:16:16.999	08:16:26.045	08:16:32.930	45.110
			SSLB	08:16:16.999	08:16:33.464	08:16:46.069	99.971
			TPUB	08:16:16.999	08:16:24.317	08:16:31.318	41.415
			KMNB	08:16:16.999	08:16:56.119	08:17:28.650	286.989
63	04/03/2010	Taiwan	NACB	00:18:52.000	00:19:18.819	00:19:36.506	159.761
			YULB	00:18:52.000	00:19:06.018	00:19:16.057	72.164
			YHNB	00:18:52.000	00:19:25.510	00:19:48.875	201.262
			TWGB	00:18:52.000	00:19:00.749	00:19:05.644	31.287
			SSLB	00:18:52.000	00:19:09.900	00:19:23.624	96.191
			TPUB	00:18:52.000	00:19:00.264	00:19:06.876	44.551
			KMNB	00:18:52.000	00:19:33.650	00:20:06.141	298.729
64	10/03/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	06:27:60.000	06:28:26.107	06:28:49.235	194.391
			YULB	06:27:60.000	06:28:27.031	06:28:48.128	201.120
			YHNB	06:27:60.000	06:28:33.841	06:29:01.457	243.146
			TWGB	06:27:60.000	06:28:31.008	06:28:57.965	230.562
			SSLB	06:27:60.000	06:28:32.557	06:29:00.518	241.237
			TPUB	06:27:60.000	06:28:37.473	06:29:07.519	269.306
			KMNB	06:27:60.000	06:29:06.397	06:30:00.555	511.999
65	26/03/2010	Taiwan	NACB	23:07:54.000	23:08:02.917	23:08:10.748	16.174
			YULB	23:07:54.000	23:08:09.879	23:08:22.180	90.579
			YHNB	23:07:54.000	23:08:08.269	23:08:18.826	72.434
			TWGB	23:07:54.000	23:08:18.185	23:08:35.761	157.377
			SSLB	23:07:54.000	23:08:09.299	23:08:21.069	86.864
			TPUB	23:07:54.000	23:08:17.007	23:08:32.724	143.582
			KMNB	23:07:54.000	23:08:38.955	23:09:14.411	341.897
66	11/04/2010	Taiwan Region	NACB	04:57:29.999	04:57:47.573	04:58:01.148	112.901

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			YULB	04:57:29.999	04:57:43.897	04:57:54.304	84.255
			YHNB	04:57:29.999	04:57:56.347	04:58:15.424	171.956
			TWGB	04:57:29.999	04:57:48.413	04:58:02.795	116.959
			SSLB	04:57:29.999	04:57:50.446	04:58:05.614	131.185
			TPUB	04:57:29.999	04:57:53.698	04:58:10.930	151.511
			KMNB	04:57:29.999	04:58:24.301	04:59:06.551	401.279
67	13/04/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	21:43:55.000	21:44:25.105	21:44:50.323	221.104
			YULB	21:43:55.000	21:44:26.841	21:44:52.667	238.391
			YHNB	21:43:55.000	21:44:32.263	21:44:59.872	264.479
			TWGB	21:43:55.000	21:44:30.867	21:44:58.550	270.977
			SSLB	21:43:55.000	21:44:32.153	21:45:02.306	275.013
			TPUB	21:43:55.000	21:44:37.128	21:45:09.659	307.121
			KMNB	21:43:55.000	21:45:05.651	21:46:02.410	544.168
68	13/04/2010	Taiwan	NACB	20:49:08.999	20:49:29.355	20:49:44.479	118.888
			YULB	20:49:08.999	20:49:14.334	20:49:19.196	31.720
			YHNB	20:49:08.999	20:49:37.530	20:49:57.650	171.846
			TWGB	20:49:08.999	20:49:16.470	20:49:22.423	45.533
			SSLB	20:49:08.999	20:49:22.225	20:49:35.839	86.214
			TPUB	20:49:08.999	20:49:21.517	20:49:32.486	79.822
			KMNB	20:49:08.999	20:49:56.876	20:50:34.060	339.596
69	25/04/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	20:43:58.000	20:44:46.443	20:45:23.158	354.865
			YULB	20:43:58.000	20:44:51.062	20:45:33.653	408.030
			YHNB	20:43:58.000	20:44:50.699	20:45:29.692	371.504
			TWGB	20:43:58.000	20:44:56.758	20:45:44.309	455.069
			SSLB	20:43:58.000	20:44:55.004	20:45:38.686	427.753
			TPUB	20:43:58.000	20:45:01.500	20:45:50.005	475.434
			KMNB	20:43:58.000	20:45:25.704	20:46:34.091	674.591
70	26/04/2010	Southeast Of Taiwan	NACB	02:59:52.000	03:00:34.150	03:01:08.097	312.076
			YULB	02:59:52.000	03:00:31.048	03:01:02.513	288.092
			YHNB	02:59:52.000	03:00:42.424	03:01:21.402	366.596
			TWGB	02:59:52.000	03:00:31.339	03:01:02.663	288.406
			SSLB	02:59:52.000	03:00:38.203	03:01:14.904	339.476
			TPUB	02:59:52.000	03:00:40.075	03:01:17.160	347.368
			KMNB	02:59:52.000	03:01:11.097	03:02:15.244	606.684
71	15/06/2010	Taiwan	NACB	00:31:17.999	00:31:21.675	00:31:25.236	19.774
			YULB	00:31:17.999	00:31:31.994	00:31:42.691	80.033
			YHNB	00:31:17.999	00:31:31.449	00:31:42.559	78.907
			TWGB	00:31:17.999	00:31:40.682	00:31:57.564	146.798
			SSLB	00:31:17.999	00:31:30.994	00:31:42.030	79.184

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			TPUB	00:31:17.999			
			KMNB	00:31:17.999	00:32:04.524	00:32:41.186	338.783
72	27/06/2010	Taiwan Region	NACB	20:33:26.999	20:33:47.799	20:34:02.969	119.874
			YULB	20:33:26.999	20:33:59.081	20:34:23.027	207.529
			YHNB	20:33:26.999	20:33:45.765	20:33:59.506	107.842
			TWGB	20:33:26.999	20:34:07.886	20:34:38.762	273.681
			SSLB	20:33:26.999	20:33:59.233	20:34:22.369	196.194
			TPUB	20:33:26.999	20:34:08.023	20:34:38.499	257.619
			KMNB	20:33:26.999	20:34:22.599	20:35:06.428	408.348
73	30/06/2010	Southeast Of Taiwan	NACB	22:34:31.999	22:35:24.154	22:36:05.068	384.253
			YULB	22:34:31.999	22:35:22.395	22:36:04.559	394.939
			YHNB	22:34:31.999	22:35:27.558	22:36:12.230	425.807
			TWGB	22:34:31.999	22:35:26.081	22:36:10.280	415.788
			SSLB	22:34:31.999	22:35:29.192	22:36:14.098	436.046
			TPUB	22:34:31.999	22:35:31.777	22:36:20.457	462.119
			KMNB	22:34:31.999	22:36:03.059	22:37:16.467	706.459
74	02/07/2010	Taiwan	NACB	19:11:31.999	19:12:00.169	19:12:19.586	167.003
			YULB	19:11:31.999	19:12:47.923	19:11:57.467	79.388
			YHNB	19:11:31.999	19:12:06.622	19:12:29.142	208.122
			TWGB	19:11:31.999	19:11:40.966	19:11:45.422	33.734
			SSLB	19:11:31.999	19:11:51.191	19:12:03.483	102.712
			TPUB	19:11:31.999	19:11:42.745	19:11:49.812	48.620
			KMNB	19:11:31.999	19:12:13.470	19:12:46.279	298.597
75	08/07/2010	Taiwan Region	NACB	19:43:37.000	19:43:46.684	19:43:54.347	58.452
			YULB	19:43:37.000	19:43:58.642	19:44:14.279	135.549
			YHNB	19:43:37.000	19:43:51.410	19:44:02.311	85.851
			TWGB	19:43:37.000	19:44:06.307	19:44:28.702	200.251
			SSLB	19:43:37.000	19:43:59.240	19:44:15.349	135.285
			TPUB	19:43:37.000	19:44:08.038	19:44:28.624	192.166
			KMNB	19:43:37.000	19:44:29.104	19:45:09.149	380.732
76	09/07/2010	Taiwan Region	NACB	00:41:18.999	00:41:41.183	00:42:00.013	123.663
			YULB	00:41:18.999	00:41:49.320	00:42:15.188	203.135
			YHNB	00:41:18.999	00:41:42.970	00:42:01.298	128.077
			TWGB	00:41:18.999	00:41:56.222	00:42:26.302	266.640
			SSLB	00:41:18.999	00:41:50.100	00:42:14.661	201.582
			TPUB	00:41:18.999	00:41:57.234	00:42:26.700	259.917
			KMNB	00:41:18.999	00:42:16.346	00:43:00.603	431.291
77	17/07/2010	Taiwan	NACB	09:04:16.999	09:04:31.116	09:04:40.813	79.468

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			YULB	09:04:16.999	09:04:27.035	09:04:34.815	43.306
			YHNB	09:04:16.999	09:04:38.868	09:04:54.039	137.822
			TWGB	09:04:16.999	09:04:32.978	09:04:45.204	96.622
			SSLB	09:04:16.999	09:04:31.931	09:04:42.900	85.371
			TPUB				
			KMNB	09:04:16.999	09:05:04.422	09:05:41.431	355.920
78	18/07/2010	Taiwan Region	NACB				
			YULB				
			YHNB				
			TWGB				
			SSLB				
			TPUB				
			KMNB				
79	25/07/2010	Taiwan	NACB	03:52:10.999	03:52:37.889	03:52:56.992	171.424
			YULB	03:52:10.999	03:52:36.060	03:52:25.598	82.525
			YHNB	03:52:10.999	03:52:45.609	03:53:09.386	213.691
			TWGB	03:52:10.999	03:52:18.694	03:52:23.815	30.336
			SSLB	03:52:10.999	03:52:29.118	03:52:43.029	108.772
			TPUB				
			KMNB	03:52:10.999	03:52:51.776	03:53:24.645	304.785
80	27/07/2010	Taiwan Region	NACB	00:54:57.000	00:55:18.332	00:55:34.765	121.430
			YULB	00:54:57.000	00:55:29.608	00:55:53.886	209.198
			YHNB	00:54:57.000	00:55:16.603	00:55:30.687	108.804
			TWGB	00:54:57.000	00:55:37.975	00:56:09.456	275.376
			SSLB	00:54:57.000	00:55:29.830	00:55:53.157	197.659
			TPUB				
			KMNB	00:54:57.000	00:55:53.353	00:56:37.473	409.003
81	21/08/2010	Taiwan	NACB	16:37:60.000	16:38:11.371	16:38:20.660	65.402
			YULB	16:37:60.000	16:38:08.264	16:38:15.216	45.589
			YHNB	16:37:60.000	16:38:19.686	16:38:33.914	123.791
			TWGB	16:37:60.000	16:38:17.230	16:38:30.317	105.761
			SSLB				
			TPUB	16:37:60.000	16:38:18.297	16:38:31.621	112.859
			KMNB	16:37:60.000	16:38:46.514	16:39:23.516	349.303
82	21/08/2010	Taiwan	NACB	18:48:01.999	18:48:14.905	18:48:24.692	76.916
			YULB	18:48:01.999	18:48:29.894	18:48:50.423	167.990
			YHNB	18:48:01.999	18:48:11.260	18:48:20.841	60.605
			TWGB	18:48:01.999	18:48:37.425	18:49:04.760	235.255
			SSLB				

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			TPUB	18:48:01.999	18:48:35.809	18:48:59.803	212.667
			KMNB	18:48:01.999	18:48:51.610	18:49:31.327	363.299
83	30/08/2010	Taiwan Region	NACB	08:45:09.999	08:45:28.018	08:45:41.456	104.752
			YULB	08:45:09.999	08:45:40.761	08:46:04.568	193.471
			YHNB	08:45:09.999	08:45:25.226	08:45:37.923	92.264
			TWGB	08:45:09.999	08:45:47.933	08:46:17.256	260.028
			SSLB	08:45:09.999	08:45:39.571	08:46:00.025	180.573
			TPUB	08:45:09.999	08:45:48.619	08:46:17.917	242.260
			KMNB	08:45:09.999	08:46:04.739	08:46:47.781	393.687
84	23/09/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	19:47:59.000	19:48:53.787	19:49:37.614	415.410
			YULB	19:47:59.000	19:48:58.584	19:49:45.978	469.124
			YHNB	19:47:59.000	19:48:58.814	19:49:44.195	430.159
			TWGB	19:47:59.000	19:49:04.216	19:49:57.348	515.554
			SSLB	19:47:59.000	19:49:02.943	19:49:53.317	488.723
			TPUB	19:47:59.000	19:49:09.291	19:50:04.905	536.577
			KMNB	19:47:59.000	19:49:33.726	19:50:48.156	733.379
85	27/09/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	15:49:20.999	15:49:53.274	15:50:18.235	221.936
			YULB	15:49:20.999	15:50:02.222	15:50:34.543	292.005
			YHNB	15:49:20.999	15:49:54.886	15:50:20.413	228.360
			TWGB	15:49:20.999	15:50:08.632	15:50:47.007	349.998
			SSLB	15:49:20.999	15:50:03.300	15:50:35.363	299.041
			TPUB	15:49:20.999	15:50:11.363	15:50:49.012	354.174
			KMNB	15:49:20.999	15:50:33.155	15:51:28.388	531.131
86	28/09/2010	Taiwan	NACB	17:33:53.000	17:33:55.762	17:33:57.858	17.464
			YULB	17:33:53.000	17:34:09.199	17:34:21.651	91.596
			YHNB	17:33:53.000	17:34:05.605	17:34:15.923	73.012
			TWGB	17:33:53.000	17:34:17.698	17:34:36.277	158.296
			SSLB	17:33:53.000	17:34:07.997	17:34:19.212	88.414
			TPUB	17:33:53.000	17:34:18.142	17:34:37.308	144.987
			KMNB	17:33:53.000	17:34:41.716	17:35:19.919	343.425
87	02/10/2010	Taiwan	NACB	19:23:11.999	1923 18.330	1923 22.307	29.995
			YULB	19:23:11.999	1923 32.536	1923 46.754	118.232
			YHNB	19:23:11.999	1923 22.772	1923 30.767	58.085
			TWGB	19:23:11.999	1923 39.800	1924 00.995	185.255
			SSLB	19:23:11.999	1923 30.792	1923 44.470	107.820
			TPUB	19:23:11.999	1923 40.569	1924 00.641	167.778
			KMNB	19:23:11.999	1924 01.027	1924 38.814	348.585
88	04/10/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	14:58:59.000	14:59:52.825	15:00:33.759	387.296

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			YULB	14:58:59.000	14:59:56.856	15:00:41.868	427.258
			YHNB	14:58:59.000	14:59:57.762	15:00:41.316	412.720
			TWGB	14:58:59.000	15:00:01.713	15:00:49.683	466.117
			SSLB	14:58:59.000	15:00:01.145	15:00:48.760	454.892
			TPUB	14:58:59.000	15:00:07.306	15:00:59.189	496.107
			KMNB	14:58:59.000	15:00:32.630	15:01:45.884	712.873
89	04/10/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	13:28:38.000	13:29:29.720	13:30:07.876	371.114
			YULB	13:28:38.000	13:29:34.165	13:30:16.037	412.710
			YHNB	13:28:38.000	13:29:34.494	13:30:15.854	395.826
			TWGB	13:28:38.000	13:29:38.385	13:30:24.881	452.860
			SSLB	13:28:38.000	13:29:37.987	13:30:22.510	439.365
			TPUB	13:28:38.000	13:29:44.438	13:30:34.351	481.452
			KMNB	13:28:38.000	13:30:10.654	13:31:20.945	696.346
90	05/10/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	13:03:50.000	13:04:42.043	13:05:22.451	380.120
			YULB	13:03:50.000	13:04:46.204	13:05:30.391	420.967
			YHNB	13:03:50.000	13:04:47.088	13:05:29.316	405.119
			TWGB	13:03:50.000	13:04:50.892	13:05:40.428	460.494
			SSLB	13:03:50.000	13:04:50.394	13:05:37.547	448.082
			TPUB	13:03:50.000	13:04:56.511	13:05:48.277	489.764
			KMNB	13:03:50.000	13:05:22.581	13:06:33.884	705.501
91	08/10/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	16:39:11.999	16:39:44.902	16:40:09.487	221.641
			YULB	16:39:11.999	16:39:47.735	16:40:14.502	241.787
			YHNB	16:39:11.999	16:39:49.432	16:40:19.560	263.723
			TWGB	16:39:11.999	16:39:50.917	16:40:21.165	275.833
			SSLB	16:39:11.999	16:39:51.183	16:40:22.500	277.230
			TPUB	16:39:11.999	16:39:55.182	16:40:28.813	310.644
			KMNB	16:39:11.999	16:40:00.240	16:41:21.015	545.705
92	11/10/2010	Northeast of Taiwan	NACB	23:16:37.000	23:17:24.962	23:18:03.054	358.527
			YULB	23:16:37.000	23:17:31.712	23:18:16.200	424.196
			YHNB	23:16:37.000	23:17:28.041	23:18:07.177	363.926
			TWGB	23:16:37.000	23:17:37.475	23:18:26.755	478.026
			SSLB	23:16:37.000	23:17:34.365	23:18:20.632	435.150
			TPUB	23:16:37.000	23:17:41.600	23:18:32.220	488.573
			KMNB	23:16:37.000	23:18:02.930	23:19:10.200	665.303
93	18/10/2010	Southwestern Ryuku Island	NACB	21:23:55.000	21:24:46.068	21:25:25.914	372.770
			YULB	21:23:55.000	21:24:50.181	21:25:33.245	415.329
			YHNB	21:23:55.000	21:24:50.844	21:25:32.565	396.786
			TWGB	21:23:55.000	21:24:55.039	21:25:43.416	456.004

No.	Tgl-bl-th	Region	Stasiun	Origin time	tp	ts	Jarak (km)
			SSLB	21:23:55.000	21:24:54.429	21:25:41.952	441.459
			TPUB	21:23:55.000	21:25:00.646	21:25:51.658	484.011
			KMNB	21:23:55.000	21:25:25.696	21:26:36.974	697.676
94	08/11/2010	Taiwan	NACB	13:01:20.999	13:01:46.897	13:02:06.831	157.577
			YULB	13:01:20.999	13:01:37.313	13:01:48.399	87.937
			YHNB	13:01:20.999	13:01:50.334	13:02:12.553	186.821
			TWGB	13:01:20.999	13:01:35.866	13:01:44.301	76.566
			SSLB	13:01:20.999	13:01:35.893	13:01:46.707	81.714
			TPUB	13:01:20.999	13:01:26.598	13:01:30.716	20.166
			KMNB	13:01:20.999	13:01:58.526	13:02:25.837	252.861
95	12/11/2010	Taiwan Region	NACB	13:08:49.000	13:09:04.992	13:09:16.854	93.804
			YULB	13:08:49.000	13:09:11.458	13:09:29.619	147.396
			YHNB	13:08:49.000	13:09:10.912	13:09:26.742	131.180
			TWGB	13:08:49.000	13:09:19.849	13:09:41.748	204.859
			SSLB	13:08:49.000	13:09:14.185	13:09:33.167	162.835
			TPUB	13:08:49.000	13:09:21.794	13:09:45.040	212.099
			KMNB	13:08:49.000	13:09:45.682	13:10:29.351	420.587
96	12/11/2010	Taiwan	NACB	15:39:00.999	15:39:36.028	15:40:02.995	247.193
			YULB	15:39:00.999	15:39:24.285	15:39:41.977	155.883
			YHNB	15:39:00.999	15:39:41.486	15:40:12.839	291.939
			TWGB	15:39:00.999	15:39:15.891	15:39:27.048	89.148
			SSLB	15:39:00.999	15:39:27.663	15:39:48.668	187.332
			TPUB	15:39:00.999	15:39:20.273	15:39:35.378	130.823
			KMNB	15:39:00.999	15:39:45.893	15:40:23.665	347.558
97	21/11/2010	Taiwan	NACB	12:31:45.000	12:31:54.590	12:32:01.591	34.939
			YULB	12:31:45.000	12:31:57.375	12:32:08.532	69.479
			YHNB	12:31:45.000	12:32:02.113	12:32:14.110	94.196
			TWGB	12:31:45.000	12:32:05.625	12:32:21.496	134.917
			SSLB	12:31:45.000	12:31:59.396	12:32:11.129	79.128
			TPUB	12:31:45.000	12:32:06.280	12:32:22.481	128.867
			KMNB	12:31:45.000	12:32:31.433	12:33:07.683	344.872
98	26/11/2010	Taiwan	NACB	15:13:44.000	15:13:48.880	15:13:50.591	21.985
			YULB	15:13:44.000	15:14:02.546	15:14:15.569	103.099
			YHNB	15:13:44.000	15:13:56.848	15:14:05.445	68.557
			TWGB	15:13:44.000	15:14:10.880	15:14:31.404	169.745
			SSLB	15:13:44.000	15:14:01.663	15:14:13.522	98.065
			TPUB	15:13:44.000	15:14:10.936	15:14:27.974	155.809
			KMNB	15:13:44.000	15:14:33.485	15:15:11.354	348.322

LAMPIRAN 4

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tuban, 12 Januari 1988 dengan nama Susi Anggraini Diah Ningrum. Penulis merupakan puteri ketiga dari pasangan Bapak Suwarno (alm.) dan Ibu Wari. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri 1 Karang Agung (1994-2000), SMP Negeri 1 Tuban (2000-2003), SMA Darul Ulum 2 Unggulan BPPT Jombang (2003-2006), dan kemudian melanjutkan studi S1 di Universitas Negeri Surabaya (2006-2010). Setelah lulus S1 dan mendapatkan gelar sarjana pendidikan

penulis kemudian bergabung disalah satu SMA swasta favorit di Surabaya sebagai tenaga pendidik selama 3 tahun. Namun karena dorongan keinginan yang sangat kuat, maka penulis memutuskan untuk melanjutkan studinya di jenjang S2 Fisika dengan bantuan dana dari Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPP-DN). Akhir kata, jika pembaca menemukan hal-hal yang ingin didiskusikan dapat menghubungi melalui email ke susianggrainidn@gmail.com atau susi.anggraini13@mhs.physics.its.ac.id.